

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANA PAULA MARIN**

**APLICAÇÃO DE OZÔNIO EM TRIGO PRÉ MOAGEM E EM FARINHA DE TRIGO  
E AVALIAÇÃO DO EFEITO SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO**

**CAXIAS DO SUL**  
**2020**

**ANA PAULA MARIN**

**APLICAÇÃO DE OZÔNIO EM TRIGO PRÉ MOAGEM E EM FARINHA DE TRIGO  
E AVALIAÇÃO DO EFEITO SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade de Caxias do  
Sul como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Me. Tomás Augusto  
Polidoro

**CAXIAS DO SUL**

**2020**

**ANA PAULA MARIN**

**APLICAÇÃO DE OZÔNIO EM TRIGO PRÉ MOAGEM E EM FARINHA DE TRIGO  
E AVALIAÇÃO DO EFEITO SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade de Caxias do  
Sul como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Química.

**Aprovada em 26/11/2020**

**Banca Examinadora**

---

Prof. Me. Tomás Augusto Polidoro  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Dra. Camila Baldasso  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Dra. Júnia Capua de Lima Novello  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, por sempre ser luz em minha caminhada.

À minha família que sempre me apoiou e foi fundamental durante essa jornada, sem eles nada disso seria possível.

Ao meu namorado, por estar do meu lado nos melhores e piores momentos.

Ao meu orientador, pela orientação ao longo do trabalho e por oportunizar meu crescimento profissional e pessoal.

À banca examinadora, por aceitar o convite e trazer melhorias para o trabalho.

Às empresas, por oportunizar a realização deste estudo e permitir a conclusão deste trabalho.

E, por fim, agradeço aos meus amigos e a todas as pessoas que me inspiraram e contribuíram para a realização do trabalho.

## RESUMO

Cada vez mais os cuidados relacionados com a segurança dos alimentos estão sendo considerados pelos consumidores e, conseqüentemente, pelas indústrias. Por este motivo, sanitizantes alternativos ao cloro e seus derivados estão sendo estudados. O trigo é um cereal que possui microrganismos vindos do solo e que não são eliminados no processo produtivo da farinha de trigo, sendo necessária a aplicação de sanitizantes que eliminem ou reduzam estes microrganismos a limites aceitáveis. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar, em escala laboratorial, o efeito da aplicação de ozônio na etapa de pré moagem do trigo e em farinha de trigo sobre a qualidade dos produtos. Os ensaios foram realizados em uma indústria moageira da serra gaúcha, no teste da aplicação do ozônio na etapa de umidificação, foi utilizado um teor residual de ozônio na água igual a 4,6 mg/kg além de diferentes tempos de contato com o gás, 15, 30 e 60 min. No teste de aplicação na farinha de trigo especial foram utilizadas as concentrações de 1517 mg/kg, 1750 mg/kg, 2470 mg/kg e 3550 mg/kg de ozônio durante 5, 10, 15 e 20 min respectivamente e, na farinha de trigo integral foram utilizadas as concentrações de 1517 mg/kg, 1865 mg/kg, 2527 mg/kg e 3669 mg/kg de ozônio durante os mesmos períodos de tempo. Realizaram-se análises microbiológicas (*Bacillus cereus*, coliformes a 45 °C, *salmonella* e bolores e leveduras), de micotoxina desoxinivalenol, reológicas (*falling number*, alveografia, farinografia e glúten), de cor e de cinzas nas farinhas de trigo resultantes da moagem do trigo e também nas farinhas de trigo que tiveram a aplicação de ozônio. Foram realizadas análises microbiológicas (*Bacillus cereus*, coliformes a 45 °C, *salmonella*, bolores e leveduras e enterobactérias) e de micotoxina desoxinivalenol para o farelo de trigo obtido. No teste utilizando o gás na etapa de umidificação foi possível observar uma redução em alguns parâmetros microbiológicos e também na micotoxina desoxinivalenol, que chegou a uma redução de mais de 30 % e as características reológicas não foram alteradas, tendo variações dentro de 10 % em praticamente todos os parâmetros avaliados, mostrando que o ozônio é uma alternativa de sanitizante a ser utilizado para este fim. Nos testes utilizando o ozônio diretamente na farinha de trigo, as reduções nos parâmetros microbiológicos e na micotoxina desoxinivalenol, não foram percebidas nos dois tipos de farinhas de trigo testadas. As características reológicas tiveram alterações consideráveis, chegando a quase 50 % de redução da força (parâmetro W) e mais de 200 % de aumento na relação de tenacidade e elasticidade (parâmetro P/L) em uma das farinhas de trigo testadas, além de resultar em alterações na cor e forte odor residual característico do ozônio, concluiu-se desta forma, que este tipo de aplicação não traz resultados positivos. Uma vez que as tecnologias envolvendo ozônio estão ganhando espaço nos mais variados mercados, o trabalho buscou auxiliar em uma nova aplicação, possibilitando futuros estudos que auxiliem na aplicação em escala industrial. Agregado a isso, as vantagens em se usar o ozônio, reconhecido como seguro e também ambientalmente correto por não gerar resíduos trazendo garantia para a segurança do alimento e, conseqüentemente do consumidor, reduzindo contaminações e mantendo a qualidade do produto.

Palavras chave: Ozônio. Trigo. Farinha de trigo. Qualidade.

## ABSTRACT

Increasingly, the care related to food safety is being taken into account by consumers and, consequently, by industries. For this reason, sterilization alternative process instead of chlorine and its derivatives are being studied. Wheat is a cereal that has microorganisms from the soil in its microbiota that are not always eliminated in the wheat flour production process, requiring the application of cleaners that eliminate or minimize these microorganisms to acceptable limits. Therefore, the present study aimed to evaluate, on a laboratory scale, the effect of the ozone application in the pre-milling stage of the wheat and in the wheat flour on the quality products. The tests were carried out in a milling industry in the Serra Gaúcha, in the test of ozone application in the humidification stage, a residual ozone in water equal to 4.6 ppm was used in addition to different contact times with the gas, 15, 30 and 60 minutes. In the application test on ready-made wheat flour, different concentrations of ozone were used for 5, 10, 15 and 20 minutes. Microbiological analysis (*Bacillus cereus*, coliforms at 45 °C, salmonella and molds and yeasts), mycotoxin deoxynivalenol, rheology (falling number, alveography, flour and gluten), color and ash in wheat flour resulting from the milling wheat and also in wheat flour and, in wheat bran obtained, microbiological analysis (*Bacillus cereus*, coliforms at 45 °C, salmonella, molds and yeasts and enterobacteria) and mycotoxin deoxynivalenol were performed. In the test using the gas in the humidification step it was possible to observe a reduction in some microbiological parameters and also in the mycotoxin deoxynivalenol, which reached a reduction of more than 30% and the rheological characteristics were not altered, with variations within 10% in practically all parameters evaluated, showing that ozone is an alternative sanitizer to be used for this purpose. In tests using ozone directly in wheat flour, reductions in microbiological parameters and in mycotoxin deoxynivalenol were not noticed in the two types of wheat flour tested, and the rheological characteristics had considerable changes, reaching almost 50% reduction in strength (parameter W) and more than 200% increase in the toughness and elasticity ratio (parameter P/L) in one of the wheat flour tested, in addition to resulting in changes in the color and strong residual odor characteristic of ozone, it was concluded from this way, that this type of application does not bring positive results. Since technologies involving ozone are gaining ground in the most varied markets, the work sought to assist in a new application, enabling future studies to assist in industrial scale application. Added to this, the advantages of using ozone, recognized as safe and also environmentally correct for not generating residues, guaranteeing the safety of the food and, consequently, the consumer, reducing contamination and maintaining the quality of the product.

Keywords: Ozone. Wheat. Wheat flour. Quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes constituintes do trigo.....	14
Figura 2 - Produção do cultivo de trigo.....	16
Figura 3 - Escala fenológica de cereais de estação fria.....	16
Figura 4 - Lavoura de trigo na fase inicial.....	17
Figura 5 - Lavoura de trigo na fase de afilhamento.....	18
Figura 6 - Lavoura de trigo na fase de maturação.....	19
Figura 7 - Etapas do processo de moagem.....	20
Figura 8 - Fluxograma de uma indústria moageira.....	21
Figura 9 - Destinação da farinha de trigo.....	23
Figura 10 - Defeitos de grãos de trigo.....	24
Figura 11 - Ação do ozônio em microrganismos.....	32
Figura 12 - Fluxograma referente aos testes de aplicação de ozônio na etapa de umidificação do trigo.....	34
Figura 13 - Estrutura para realização dos testes.....	35
Figura 14 - Fluxograma referente ao teste de aplicação de ozônio em farinha de trigo.....	36
Figura 15 - Equipamento para limpeza de grãos Sintel.....	37
Figura 16 - Equipamento para determinação da umidade do grão de trigo.....	38
Figura 17 - Moinho experimental.....	39
Figura 18 - Equipamento utilizado para determinação de glúten.....	40
Figura 19 - Equipamento <i>Falling Number</i> .....	42
Figura 20 - Equipamento farinógrafo.....	42
Figura 21 - Gráfico gerado pela análise de alveografia.....	43
Figura 22 - Equipamento alveógrafo.....	43
Figura 23 - Equipamento Colorímetro Konica Minolta.....	44
Figura 24 - Sistema L*, a*, b*.....	44
Figura 25 - Análise de bolores e leveduras nas farinhas de trigo obtida no processo de moagem.....	53
Figura 26 - Análise de bolores e leveduras nos farelos de trigo obtido no processo de moagem.....	55
Figura 27 - Análise de enterobactérias nos farelos de trigo obtido no processo de moagem.....	55

Figura 28 - Prova de lâmina das farinhas de trigo especial.....	59
Figura 29 - Resultados de bolores e leveduras das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio .....	62



## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Classificação da farinha de trigo .....	22
Tabela 2 - Limites máximos permitidos para microrganismos em farinha de trigo ....	26
Tabela 3 - Limites máximos permitidos para microrganismos em farinha de trigo ....	26
Tabela 4 - Limites máximos tolerados (LMT) para DON .....	27
Tabela 5 - Agentes oxidantes e potencial de oxidação .....	29
Tabela 6 - Concentração e tempo de exposição do ozônio em farinha de trigo especial e integral.....	37
Tabela 7 - Umidade dos grãos de trigo antes da moagem e extração obtida .....	47
Tabela 8 - Resultados das análises reológicas das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem.....	49
Tabela 9 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem .....	50
Tabela 10 - Resultados da análise de cinzas das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem .....	51
Tabela 11 - Resultados da análise de DON dos produtos resultantes do processo de moagem do trigo .....	52
Tabela 12 - Análises microbiológicas nas farinhas de trigo obtidas no processo de moagem .....	52
Tabela 13 - Análises microbiológicas nos farelos de trigo obtido no processo de moagem .....	54
Tabela 14 - Resultados de análises reológicas da farinha de trigo especial .....	56
Tabela 15 - Resultados de análises reológicas da farinha de trigo integral .....	57
Tabela 16 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo especial que receberam aplicação de ozônio.....	58
Tabela 17 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo integral que receberam aplicação de ozônio.....	60
Tabela 18 - Resultados da análise de cinzas nas farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio .....	60
Tabela 19 - Resultados da análise de DON das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio.....	61
Tabela 20 - Resultados de análises microbiológicas das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio .....	61

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de sanitizantes .....	30
Quadro 2 - Ensaio microbiológicos a serem realizados e metodologias .....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1	TRIGO .....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Cultivo do trigo .....</b>	<b>15</b>
2.2	PROCESSO DE MOAGEM.....	19
2.3	FARINHA DE TRIGO.....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Controle de qualidade da farinha de trigo.....</b>	<b>23</b>
2.4	MICROORGANISMOS EM ALIMENTOS.....	27
<b>2.4.1</b>	<b>Controle microbiano em alimentos.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Produtos utilizados para auxiliar no controle microbiano.....</b>	<b>29</b>
2.4.2.1	Dióxido de cloro .....	31
2.4.2.2	Ozônio .....	31
2.5	ESTADO DA ARTE DO CONTROLE MICROBIANO EM TRIGO.....	32
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1	PROCESSO DE MOAGEM EXPERIMENTAL DO GRÃO DE TRIGO .....	37
3.2	ANÁLISES REALIZADAS NOS PRODUTOS OBTIDOS.....	39
<b>3.2.1</b>	<b>Análises reológicas .....</b>	<b>40</b>
3.2.1.1	Glúten .....	40
3.2.1.2	<i>Falling number</i> .....	41
3.2.1.3	Farinografia.....	42
3.2.1.4	Alveografia.....	43
<b>3.2.2</b>	<b>Análise de Cor.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Análise de cinzas.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Análise da micotoxina desoxinivalenol (DON).....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Análises microbiológicas .....</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1	RESULTADOS RELACIONADOS AO TESTE DA ADIÇÃO DE OZÔNIO NA ETAPA DE UMIDIFICAÇÃO DO TRIGO .....	47

<b>4.1.1</b>	<b>Processo de moagem e análise de extração.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Análises reológicas .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Análise de cor .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Análise de cinzas.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Análise da micotoxina desoxinivalenol (DON).....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Análises microbiológicas .....</b>	<b>52</b>
4.1.6.1	Análises microbiológicas na farinha de trigo.....	52
4.1.6.2	Análises microbiológicas no farelo de trigo.....	54
<b>4.2</b>	<b>RESULTADOS RELACIONADOS AO TESTE DA APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA FARINHA DE TRIGO.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Análises reológicas .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Análise de cor .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Análise de cinzas.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Análise de DON.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Análises microbiológicas .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo possui grande importância para a população, devido ao valor nutricional na alimentação humana e vem sendo consumido em grande escala na forma de pães, massas e biscoitos. Desde a antiguidade os homens se alimentavam dos grãos, inicialmente em forma de papa, misturada com outros alimentos e, somente mais tarde os egípcios produziram o pão, após a descoberta da fermentação. Depois disso, os chineses produziram a farinha do grão e então passaram a produzir também massas (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

O grão também tem grande importância para a economia mundial por estar entre os três principais cereais consumidos. No Brasil, o trigo chegou em 1534 trazido por Martim Afonso de Souza, porém só ganhou representatividade econômica no século XVII quando iniciou o cultivo no Rio Grande do Sul e em São Paulo (CUNHA *et al.*, 2009).

Segundo Lopes e Franco (2006), os cereais apresentam uma microbiota composta por microrganismos oriundos do solo que podem ou não desaparecer após a colheita do grão, sendo que alguns permanecem durante a estocagem. Ainda existem microrganismos provenientes do processamento do grão que podem contaminar o produto devido a falhas nas Boas Práticas de Fabricação.

Nem sempre é possível evitar o acesso dos microrganismos nos alimentos, sendo necessário adotar medidas de controle para reduzir a limites aceitáveis ou eliminá-los. Existem diversos métodos para redução de carga microbiana em grãos, incluindo a utilização de produtos químicos por exemplo, o cloro. Porém, cada vez mais, aumentam preocupações relacionadas à segurança do alimento, o que inclui a utilização de compostos clorados que reagem com resíduos orgânicos em decomposição e podem resultar em produtos potencialmente cancerígenos. Uma alternativa para isso é a utilização de ozônio, uma prática estudada e que se mostrou eficiente dependendo da concentração utilizada (DHILLON *et al.*, 2009).

A preocupação com a segurança dos alimentos e qualidade de um modo geral, incluindo a qualidade microbiológica dos mesmos, tem ganhado força e importância para a população em geral. Uma das melhorias, tem sido avaliar produtos que possam substituir o cloro ou seus compostos, para redução de carga microbiana em grãos de trigo, sem que as características físico-químicas sejam alteradas. O presente trabalho

teve por objetivo avaliar a eficácia do ozônio para este fim, além de avaliar outros benefícios ao processo que o ozônio pode trazer.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da aplicação de ozônio na etapa pré moagem do trigo e em farinha de trigo sobre a qualidade dos produtos.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

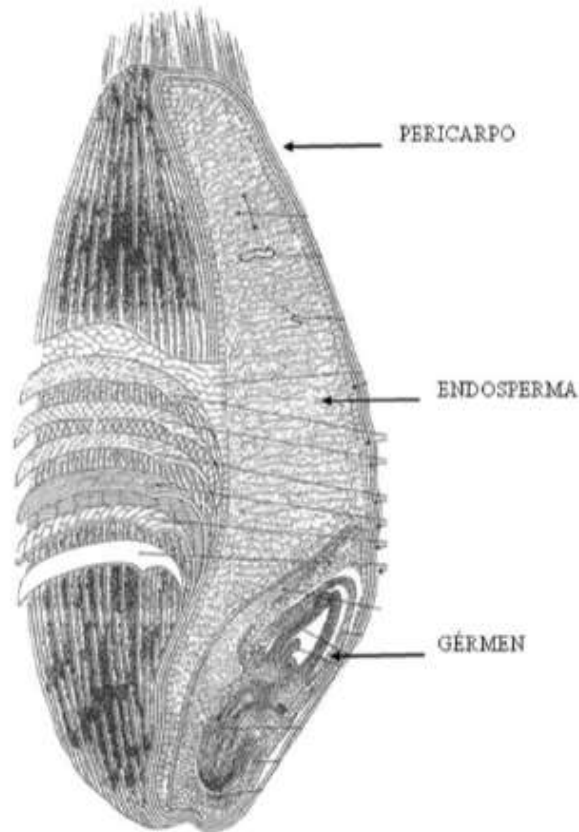
- a) avaliar os efeitos do ozônio quando aplicado na etapa de umidificação do grão de trigo;
- b) comparar os parâmetros reológicos da farinha de trigo, bem como o rendimento da extração, entre o tratamento convencional de umidificação e o tratamento com o ozônio;
- c) avaliar os efeitos do ozônio aplicado na farinha de trigo quanto a qualidade do produto;
- d) avaliar a redução da carga microbiana e da micotoxina desoxinivalenol na farinha de trigo obtida do trigo umidificado com água ozonizada e também da farinha de trigo com aplicação do gás ozônio.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRIGO

O grão de trigo possui formato oval e tamanho que pode variar entre 4 e 7 mm. O cereal, conforme apresentado na Figura 1 é constituído basicamente por três partes: pericarpo, endosperma e gérmen (GERMANI, 2008).

Figura 1 - Partes constituintes do trigo



Fonte: Hoseney (1991) *apud* Sheuer (2011).

O pericarpo é a fração mais externa do grão e recobre toda a semente, constituído por seis camadas. Esta camada é rica em vitaminas do complexo B, zinco, potássio e outros minerais. O endosperma é o componente de maior representatividade, resulta na farinha de trigo, principal produto resultante da moagem do trigo, é rico em carboidratos que são formados basicamente por amido. E, por fim, o gérmen que tem menor representatividade em termos de tamanho, sendo que representa cerca de 3 % do peso do grão, é rico em vitaminas do complexo B e E. É

responsável pelo processo de uma nova planta, ou seja, pela germinação do grão (GERMANI, 2008; ABITRIGO, 2020).

O grão de trigo possui na sua composição carboidratos, proteínas, lipídeos, e fibras que podem variar conforme a região, as condições e o ano de cultivo. Os carboidratos se apresentam na forma de amilose e amilopectina e são responsáveis pela formação de géis. As proteínas se dividem em dois grupos, proteínas de reserva (gliadina e glutenina) e proteínas solúveis (globulinas e albuminas), o primeiro grupo, quando hidratado e submetido a trabalho mecânico, originam o glúten que é o principal responsável por dar ao trigo propriedades que favorecem a aplicabilidade na panificação (OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017; SCHEUER *et al.*, 2011).

Os lipídios são formados basicamente por ácidos graxos insaturados, aproximadamente 80 % e estão concentrados principalmente no gérmen. Por fim, os minerais que estão presentes em menor quantidade e localizados nas partes mais externas do grão, compreendem minerais como fósforo, potássio, magnésio, cálcio, cobre, ferro, entre outros (MANDARINO, 1994; GERMANI, 2008).

No Brasil, a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 estabelece a classificação do trigo bem como os requisitos de qualidade e é dividido em dois grupos. O grupo I ainda possui uma subclassificação quanto a impurezas e quantidade de grãos danificados e o grupo II é subdividido em classes (melhorador, pão, doméstico, básico, outros usos) dependendo a força do glúten, estabilidade e número de queda (BRASIL, 2010).

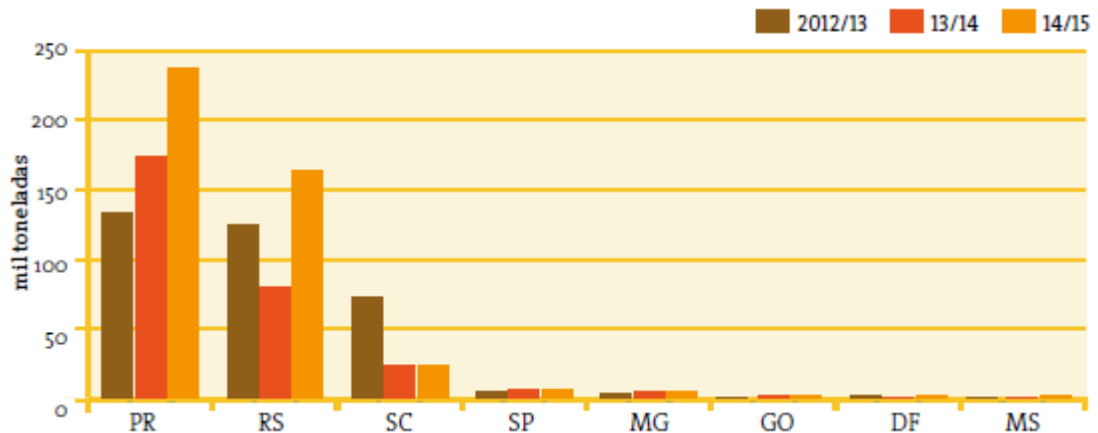
### **2.1.1 Cultivo do trigo**

Os maiores produtores mundiais de trigo estão situados em regiões de clima temperado. No Brasil, os maiores produtores do grão estão localizados na região Sul, representando mais de 90 % da produção brasileira. Embora a produção média de trigo por safra no país seja de 5,4 milhões de toneladas, não é suficiente para suprir a demanda do país, ou seja, o país precisa importar o grão, sendo um dos maiores países importadores de trigo. O estado líder de produtividade do cereal é o Paraná, seguido pelo Rio Grande do Sul conforme pode ser visto na Figura 2 que mostra a produção em toneladas de três safras consecutivas. Embora grande parte do cultivo esteja nesta região pelo fato de ser uma cultura do inverno, há produção do grão nas



regiões Sudeste e Centro-Oeste (ABITRIGO, 2020; BORTOLOTTI, 2014; OLIVEIRA NETO; SANTOS, 2017).

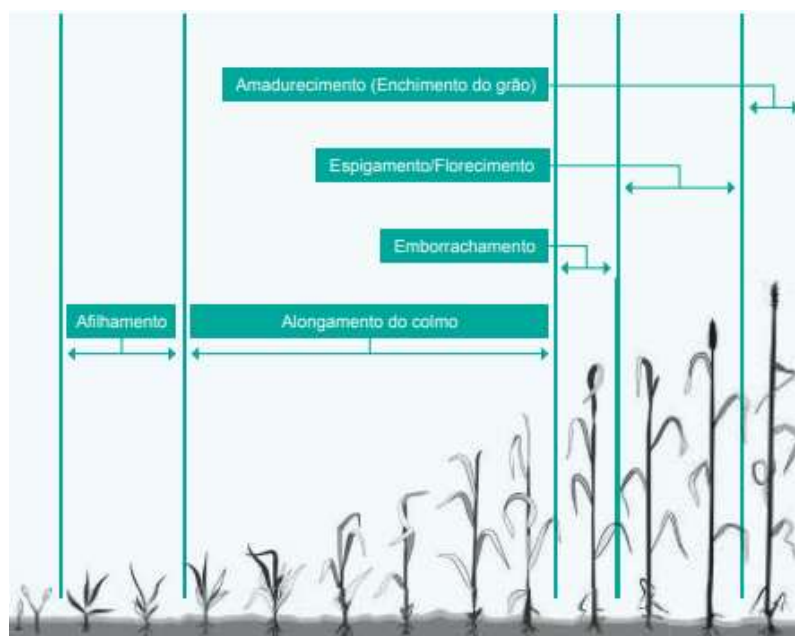
Figura 2 - Produção do cultivo de trigo



Fonte: Oliveira Neto e Santos (2017).

O ciclo da cultura do trigo pode ser dividido em três fases, sendo elas a vegetativa, a reprodutiva e a de enchimento de grãos (CUNHA *et al.*, 2009). Na Figura 3 está representada a escala fenológica de *Feeks & Large* que foi criada em 1954 e passou por adaptações em 1974. Esta escala é adotada para cereais de estação fria, por isso contempla o cultivo de trigo, ela traz os componentes definidos em cada estágio que influenciarão no rendimento final da cultura (PILAU *et al.*, 2009).

Figura 3 - Escala fenológica de cereais de estação fria



Fonte: Adaptado de Pilau *et al.* (2009).

As fases que mais afetam a produção do trigo são as fases de crescimento, na qual ocorre a divisão celular e produção de novas células que dão origem a uma planta adulta e a fase de desenvolvimento, que é onde ocorre o crescimento da planta e implica em mudanças morfológicas. As mudanças que ocorrem nestas fases são influenciadas pelos fatores do meio, por exemplo, pelo período de seca, temperaturas muito elevadas, excesso de água, falta de nutrientes, entre outras (RODRIGUES, 2003).

Os fatores ambientais que mais influenciam o crescimento e desenvolvimento da planta são a temperatura, a luz (duração do dia) e a água, porém não de forma igual em todas as fases, por isso a importância de entender em qual etapa a planta se encontra e avaliar as necessidades daquele momento, uma vez que em cada fase, são produzidos determinados órgãos da planta, ou seja, folhas, espiguetas, flores e grãos e, estes são fundamentais para um bom rendimento da cultura (RODRIGUES, 2003). A Figura 4 mostra o plantio do trigo na fase inicial.

Figura 4 - Lavoura de trigo na fase inicial



Fonte: Embrapa (2013).

Na etapa de germinação é muito importante que a temperatura esteja entre 20 °C e 25 °C e que haja disponibilidade de água no solo. Na fase de pré afilhamento, ocorre o aparecimento das folhas até a primeira espiguetas, esta fase é influenciada pela temperatura e luminosidade. O afilhamento é a próxima fase do ciclo e a duração desta fase vai depender do cultivo e do ambiente, fortemente influenciada pela

intensidade de luz e nutrientes, a temperatura também tem contribuição. A Figura 5 mostra uma lavoura de trigo na fase do aphilamento, nela é marcado o fim do período vegetativo e início do período reprodutivo (CUNHA *et al.*, 2009; RODRIGUES, 2003).

Figura 5 - Lavoura de trigo na fase de aphilamento



Fonte: Embrapa (2016).

O crescimento das espigas ocorre juntamente com a alongação, fase onde a planta assume um porte ereto. Esta etapa é muito sensível a temperatura e o final dela é marcado pela iniciação do alongamento do colmo (CUNHA *et al.*, 2009).

Após a extrusão das espigas, a autofecundação acontece e a formação de grãos é iniciada. Na etapa de autofecundação a temperatura é fundamental, sendo ideal entre 18 °C e 24 °C, uma vez que temperaturas muito baixas podem ocasionar aborto de grãos e, conseqüentemente, a morte das espigas e temperaturas muito altas, afetam a quantidade de grãos, pois provocam danos aos grãos de pólen. Esta etapa também é fortemente influenciada pela luminosidade e pela quantidade de água disponível (RODRIGUES, 2003).

Segundo Junges (2011), a etapa de enchimento dos grãos se inicia no florescimento e vai até a maturação da planta. Nesta fase, a baixa luminosidade influencia negativamente a quantidade de células no endosperma e o peso final de grãos e, a temperatura afeta a duração do período de crescimento. Temperaturas altas, reduzem o período de crescimento e conseqüentemente afetam o rendimento,

já temperaturas baixas retardam o desenvolvimento, aumentando o período do crescimento (CUNHA *et al.* 2009).

De acordo com Cunha e colaboradores (2009), eventos adversos podem afetar o cultivo e conseqüentemente a produtividade, como chuvas intensas, granizo, seca e geada. Conforme Bortolotto (2014), o excesso de chuvas agregado a temperaturas elevadas, favorecem o aparecimento de pragas e contaminantes do trigo. A Figura 6 mostra o grão na fase de maturação, pronto para a colheita.

Figura 6 - Lavoura de trigo na fase de maturação



Fonte: Embrapa (2012).

Conforme relatado em Cunha e colaboradores, o rendimento dos grãos pode ser afetado negativamente devido a fatores climáticos, principalmente quando há ocorrência de geadas no florescimento das plantas ou chuvas em excesso no momento da maturação e colheita, por isso alguns estudos são realizados para que sejam ajustados modelos agro meteorológicos que auxiliem no cultivo e, conseqüentemente, um melhor rendimento de safra (JUNGES, 2011).

## 2.2 PROCESSO DE MOAGEM

O trigo é uma matéria prima que pode ser utilizada para uma ampla diversidade de produtos dependendo o seu cultivo e também o seu processamento. No Brasil, mais de 50 % do trigo é utilizado para a panificação, aproximadamente 17 % é para o uso doméstico, 15 % para massas alimentícias, 11 % para fabricação de biscoitos e o

restante é destinado a outras finalidades, como para confeitaria (ROSSI; NEVES, 2004).

A Figura 7 ilustra de forma simplificada, as etapas do processo de moagem do grão de trigo, onde a etapa de umidificação também chamada de molhagem, é fundamental para o controle microbiano, uma vez que, dependendo as condições desta etapa, pode ocorrer a sobrevivência e multiplicação de microrganismos (LOPES; FRANCO, 2006).

Figura 7 - Etapas do processo de moagem



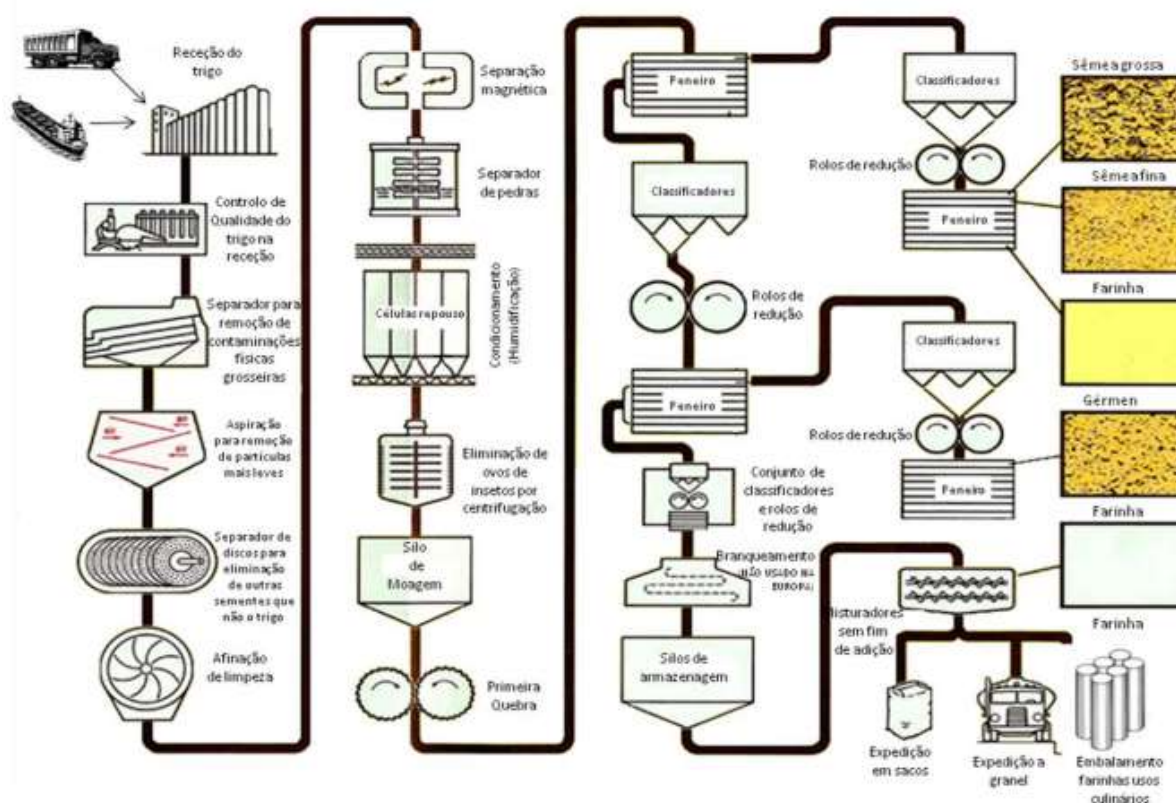
Fonte: Adaptado de Lopes e Franco (2006).

O processo de moagem inicia na preparação do grão, o qual passa por uma limpeza que pode ser realizada de diferentes formas, como por meio de imãs, triagem e classificação aerodinâmica com posterior armazenamento em silos. A quantidade de etapas de limpeza varia de acordo com cada moinho e as impurezas contidas são provenientes das etapas anteriores, por este motivo, são relacionadas ao campo, armazenamento e transporte e podem ser das mais variadas origens, vegetal (ervas daninhas, grãos de outros cereais, resíduos de palha, entre outros), animal (pelos de animais, fragmentos de insetos, entre outros), mineral (pedras, terra, entre outros) ou demais impurezas como papéis e plásticos (GERMANI, 2008).

Ao longo do processo de moagem, os contaminantes presentes no grão, vão sendo mais concentrados no farelo, ou seja, resultado da parte mais externa do grão

quando separado, enquanto a farinha vai se tornando o produto com menor quantidade de microrganismos. A Figura 8 representa o fluxograma do processo de uma indústria moageira de forma mais completa. Iniciando pela recepção, passando pela limpeza inicial e a adição de água para aumentar a umidade e facilitar a separação do endosperma do restante do grão e vai até o armazenamento e expedição do produto final (BERGHOFER *et al.*, 2003).

Figura 8 - Fluxograma de uma indústria moageira



Fonte: Antunes (2014).

A etapa de umidificação tem como objetivo a maior eficiência da separação das partes constituintes do grão, aumentando o rendimento da farinha de trigo com menor teor de cinzas. Os grãos ficam em repouso por um determinado período que varia de acordo com o trigo a ser processado e ocorre a penetração da água nos mesmos (RIBEIRO, 2009).

Após a umidificação, iniciam-se as etapas de redução e peneiramento para separação das camadas do grão e obtenção da farinha de trigo e demais produtos. Inicialmente, o grão passa por rolos estriados que tem por finalidade separar o endosperma do restante do grão com o mínimo de contaminação, ocorrendo a

trituração do grão. Após, passa pelos rolos lisos que tem por finalidade reduzir a granulometria do endosperma até chegar na granulometria da farinha de trigo que varia de acordo com a especificação de cada moinho (MANDARINO, 1994; BERGHOFER *et al.*, 2003).

O processo de moagem reflete na qualidade do produto final, por exemplo, sem que a umidificação do grão de trigo seja feita de forma correta, a farinha resultante terá um teor de cinzas mais elevado por estar com maior quantidade de fragmentos de casca e o seu nível tecnológico é considerado baixo. Períodos muito curtos de umidificação afetam a extração da farinha, enquanto períodos muito longos podem acarretar em germinação de grãos e desenvolvimento de microrganismos (SANTOS *et al.*, 2015).

### 2.3 FARINHA DE TRIGO

O principal produto obtido através da moagem do grão trigo recebe o nome de farinha de trigo e é considerada uma das principais bases da alimentação, estando presente em praticamente 100 % dos lares brasileiros. A farinha de trigo possui três classificações, conforme mostra a Tabela 1 (BRASIL, 2005).

Tabela 1 - Classificação da farinha de trigo

<b>Tipos</b>	<b>Teor de cinzas * (máximo)</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Teor de Proteína* (mínimo)</b>	<b>Acidez Graxa (mg de KOH/100g do produto) (máximo)</b>	<b>Umidade (máximo)</b>
Tipo 1	0,8%	95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm.	7,5%	100	15,0%
Tipo 2	1,4%		8,0%		
Integral	2,5%	-	8,0%	100	

\* Os teores de cinzas e de proteína deverão ser expressos em base seca.

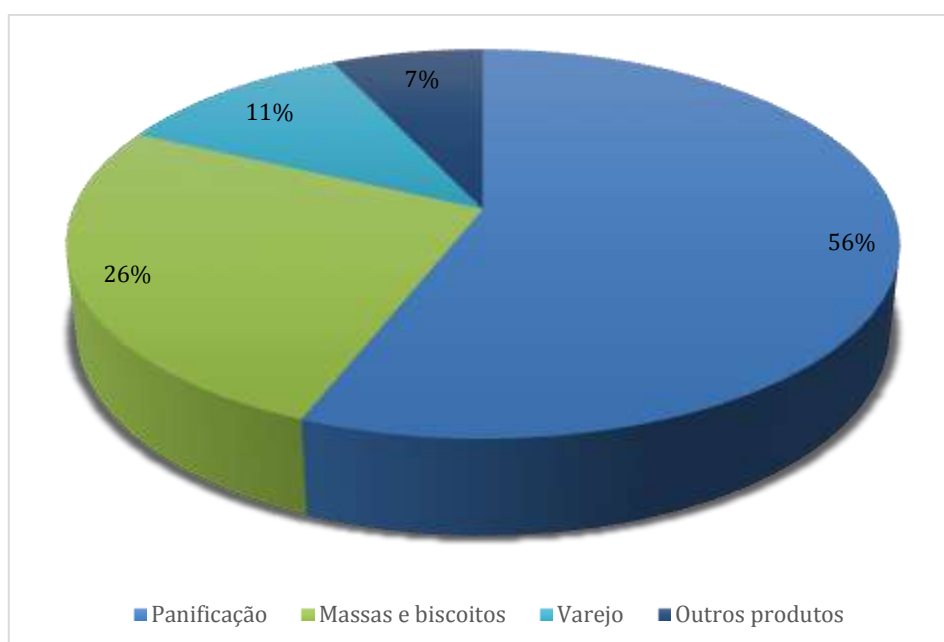
Fonte: Brasil (2005).

Dependendo do tipo de grão de trigo e da forma de processamento, pode haver variação na composição da farinha de trigo, composta basicamente por amido (entre 70 a 75 %), água (12 a 14 %), proteína (8 a 16 %) e outros constituintes em menor proporção como lipídeos e material mineral (MANDARINO, 1994).

Alguns constituintes da farinha possuem limites estabelecidos em legislação, como é o caso da matéria mineral e da umidade apresentados na Tabela 1 que contempla a classificação da farinha de trigo conforme Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 03 de junho de 2005 (BRASIL, 2005).

A farinha de trigo resultante do processo de moagem do trigo está presente no hábito alimentar das pessoas na forma de biscoitos, massas, pães, bolos, alimentos estes presentes na base da pirâmide alimentar (SCHEUER *et al.*, 2011). No Brasil, de acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura, foram processadas 12,17 milhões de toneladas de trigo em 2018. A Figura 9 representa o destino da farinha de trigo resultante da moagem do trigo.

Figura 9 - Destinação da farinha de trigo



Fonte: Sociedade Nacional de Agricultura (2019).

### 2.3.1 Controle de qualidade da farinha de trigo

O controle de qualidade da farinha de trigo inicia no campo, uma vez que algumas das suas características são afetadas pela qualidade do grão, esta, por sua vez, pode variar dependendo o manejo do solo, variedade da semente, condições do solo, momento do cultivo, entre outras (SCHEUER *et al.*, 2011).



A qualidade do grão de trigo e dos produtos finais, em especial a farinha de trigo, é resultado de inúmeras características que variam para cada tipo de produto ou para cada fim específico deste produto e podem ser físicas, químicas ou reológicas. A caracterização do trigo e da farinha de trigo é um exemplo de implementação tecnológica e é realizada por meio de análises que podem auxiliar na aplicabilidade dos produtos (SCHEUER *et al.*, 2011; MÓDENES, 2009).

Além de outras características, os moinhos mensuram a qualidade do produto através de características do grão. Na Figura 10 estão representados alguns defeitos que podem ocorrer nos grãos de trigo e podem ou não afetar a qualidade do produto final visto que existem etapas no processo de moagem que eliminam alguns destes grãos deficientes (SANTOS *et al.*, 2015; MÓDENES, 2009).

Figura 10 - Defeitos de grãos de trigo



Fonte: Santos *et al.* (2015).

A Instrução Normativa nº 38 de 2010 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), traz as considerações e definições quanto aos defeitos dos grãos. Por exemplo, pela legislação, grãos queimados são os grãos inteiros ou em

pedaços que apresentam alteração na coloração original, caracterizada pelo escurecimento total ou parcial do endosperma, causado pela ação de processos fermentativos ou devido à ação de elevada temperatura na secagem (BRASIL, 2010).

Os métodos para avaliar as características da farinha são sistemas simples de mistura de água com farinha, utilizando equipamentos como farinógrafo, alveógrafo e extensógrafo. Análises reológicas e físico químicas realizadas em farinha de trigo trazem resultados como força da farinha, quantidade de glúten, absorção e tempo de desenvolvimento. Embora cada empresa ou cliente tenha o seu padrão de produto já estabelecido, as análises realizadas devem seguir metodologias analíticas específicas e, grande parte, segue como referência as chancelas internacionais como a AACC (*American Association for Cereal Chemists*) e a ICC (*International Association for Cereal Science and Technology*) (SANTOS *et al.*, 2015).

A análise de *falling number* também conhecida como número de queda, tem por objetivo medir a atividade enzimática da amostra. Valores altos de *falling number* indicam baixa atividade enzimática e, conseqüentemente, uma farinha de trigo de melhor qualidade. Valores baixos de *falling number* indicam a ocorrência de trigo germinado ou com alto teor de amido danificado (MÓDENES, 2009).

A análise de alveografia relaciona resultados como força, tenacidade e extensibilidade da farinha. O processo que ocorre durante a análise é parecido com o que acontece durante a fermentação e crescimento em forno num processo de transformação de farinha em produto final (SANTOS *et al.*, 2015).

Resultados como quantidade de água absorvida pela farinha, estabilidade, tempo de desenvolvimento e resistência ao batimento, são dados pela análise conhecida como farinografia. A proteína do trigo responsável pela retenção dos gases durante a fermentação é o glúten, constituído por proteínas insolúveis em água conhecidas como gliadina (relacionada a extensibilidade) e glutenina (relacionada a força e elasticidade). Também é quantificada e qualificada por meio de análises e métodos analíticos (MANDARINO, 1994; COSTA *et al.*, 2008).

Além das análises reológicas da farinha de trigo, devem ser avaliadas as características microbiológicas que são regulamentadas na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A Tabela 2 apresenta os microrganismos a serem avaliados na farinha de trigo bem como seus limites.

Tabela 2 - Limites máximos permitidos para microrganismos em farinha de trigo

<b>Microrganismo</b>	<b>Limite máximo permitido</b>
<i>Bacillus cereus</i> /g	3x10 <sup>3</sup>
Coliformes a 45°C/g	1x10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp</i> /25 g	Ausência

Fonte: Adaptado de Brasil (2001).

Em 23 de dezembro de 2019 foi publicado no Diário Oficial da União, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária que entrará em vigor em 23 de dezembro de 2020 e revoga a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 12. A Tabela 3 mostra os microrganismos a serem avaliados na farinha de trigo bem como seus limites de acordo com o Anexo I da Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019.

Tabela 3 - Limites máximos permitidos para microrganismos em farinha de trigo

<b>Microrganismo</b>	<b>Limite máximo permitido</b>
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g	10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i> /g	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i> /25 g	Ausência

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

Embora a farinha de trigo seja considerada segura quanto a microbiologia por ter uma baixa atividade de água, é importante o cuidado com a microbiota, uma vez que a farinha quando contaminada pode sobreviver por longos períodos (BERGHOFER *et al.*, 2003).

O desoxinivalenol mais conhecido como DON, é um composto sintetizado de metabólitos secundários que ocorre em cereais, principalmente no trigo, cevada, aveia e milho e origina-se durante o cultivo do cereal devido a condições de umidade e temperatura adequadas para a multiplicação de fungos. Este composto pode ser produzido por diferentes gêneros de fungos, sendo os mais comuns do gênero *Fusarium*. A multiplicação destes microrganismos afeta a produtividade da colheita e é uma ameaça à segurança do alimento. Por este motivo, é importante ser quantificada no produto (GOUVEIA, 2013; WANG *et al.*, 2016).

De acordo com Bortolotto (2014), muitos países estabelecem limites máximos toleráveis para micotoxinas através de legislações, devido aos efeitos graves que as mesmas podem causar para animais e seres humanos (BORTOLOTTI, 2014).

No Brasil, os padrões de micotoxinas para alimentos é estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 138 de 08 de fevereiro de 2017 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Os limites para desoxinivalenol (DON) estabelecidos na resolução com aplicação em 1º de janeiro de 2017 eram maiores, 1250 µg/kg para trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz, grão de cevada e 1000 µg/kg para farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada. Em 1º de janeiro de 2019 os limites foram alterados e a Tabela 4 apresenta os limites máximos atuais estabelecidos para desoxinivalenol (DON) conforme anexo IV da resolução (BRASIL, 2017).

Tabela 4 - Limites máximos tolerados (LMT) para DON

<b>MICOTOXINAS</b>	<b>ALIMENTO</b>	<b>LMT (µg/kg)</b>
Desoxinivalenol (DON)	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz, grão de cevada.	1000
	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada	750

Fonte: Adaptada de Brasil (2019).

## 2.4 MICRORGANISMOS EM ALIMENTOS

Embora a maioria dos microrganismos sejam indesejáveis em se tratando de alimentos, principalmente devido a saúde dos consumidores, alguns são fundamentais na indústria alimentícia pela sua funcionalidade em determinados alimentos e bebidas, como produtos lácteos, vinagre, cervejas e vinhos (CARVALHO, 2010).

As intoxicações alimentares como são chamadas as doenças ou infecções que tem como causa a ingestão de alimentos contaminados, ou seja, que contém

toxinas microbianas, sejam fungos, bactérias, vírus ou qualquer outro microrganismo que afeta o sistema digestivo são uma das consequências de não haver um controle microbiano nos alimentos. Podem ser bactérias como *Bacillus Cereus* e *Salmonella*, ambas quantificadas por legislação para farinha de trigo (CARVALHO, 2010).

Os grãos podem ser contaminados por fungos e bactérias que ocasionam a deterioração do produto, estes microrganismos geralmente ficam na área do pericarpo e, por este motivo, a redução microbiana acontece no processo de moagem ou remoção da camada externa (LACA *et al.*, 2006).

#### **2.4.1 Controle microbiano em alimentos**

O controle microbiano em alimentos é importante uma vez que contaminações bacterianas podem ser oriundas de várias fontes e contextos, podendo provocar danos não só no produto, mas também na saúde humana. Agregado a isto, a fácil disseminação de microrganismos faz com que contaminações microbianas sejam um perigo a saúde pública. Para que sejam obtidas matérias-primas de qualidade relacionada a contaminações externas, é importante e indispensável que as boas práticas agrícolas sejam aplicadas (CARVALHO, 2010; PRATAS, 2014).

As Boas Práticas Agrícolas, quando conduzidas de forma segura e respeitando as diretrizes específicas para cada cultura e também as diretrizes gerais, relacionadas a cuidados com a contaminação do solo e água por exemplo, podem auxiliar na redução da contaminação microbiológica (BRAR; DANYLUK, 2018).

Segundo estudo realizado por Berghofer e colaboradores (2003), o trigo possui microrganismos provenientes do campo e, parte destes não são eliminados no processo de moagem do grão, aparecendo em todas as etapas e também nos produtos finais, porém em quantidades diferentes ficando mais concentradas no farelo de trigo que é constituído pela parte mais externa do grão. Dentre os microrganismos, *Bacillus*, bactérias do grupo coliformes, fungos filamentosos e leveduras foram os isolados na maior parte das amostras trabalhadas.

Algumas condições de armazenagem e também de processamento aumentam a quantidade de alguns microrganismos presentes no produto final, variando de local para local. Além disso, a origem do grão também influencia na carga microbiana, sendo o trigo proveniente de regiões mais quentes e úmidas com um teor maior de microrganismos (BERGHOFER *et al.*, 2003).

Com o passar do tempo, percebeu-se a necessidade de se ter alimentos seguros, o que inclui cuidados com os microrganismos podendo ser contaminantes externos ou intrínsecos aos alimentos e que podem ser responsáveis por transmitir patologias aos seres humanos. Muitos são os fatores pelos quais ocorrem intoxicações e infecções por alimentos e, para minimizar estas ocorrências, é importante a capacitação de equipes e implementação do sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) e avaliação dos riscos nas indústrias (FORSYTHE, 2013).

Alguns cuidados podem ser realizados para que o controle dos microrganismos em alimentos seja eficaz, como por exemplo, manutenção de condições atmosféricas, através de temperaturas altas ou baixas, pressão, irradiação, através de métodos para remoção ou por meio da junção de mais de um método (CARVALHO, 2010).

#### 2.4.2 Produtos utilizados para auxiliar no controle microbiano

Devido à preocupação que surgiu nos últimos anos quanto a utilização de sanitizantes em frutas, como hipoclorito e demais sais de cloro que embora são os mais utilizados, são prejudiciais à saúde pelo alto potencial carcinogênico, novas pesquisas com outros agentes vêm sendo realizadas. Uma delas é a utilização de ozônio que se mostrou eficiente na sanitização de amora preta cv. Tupy, em várias concentrações, quando avaliados parâmetros como contagem de fungos filamentosos e leveduras, *Salmonella* e bactérias do novo grupo, coliformes sem que houvesse geração de resíduos e compostos tóxicos (JACQUES *et al.*, 2015).

A Tabela 5 mostra que o ozônio possui o segundo maior potencial de oxidação quando comparado a outros agentes oxidantes, fazendo com que tenha uma capacidade elevada na esterilização e desinfecção de alimentos em um menor intervalo de tempo em contato e em menores concentrações (FERREIRA, 2017).

Tabela 5 - Agentes oxidantes e potencial de oxidação

(continua)

Agente oxidante	Potencial de oxidação (mV)
Flúor	3,06
Ozônio	2,07
Peróxido de hidrogênio	1,78

(conclusão)

Permanganato	1,67
Dióxido de cloro	1,50
Hipoclorito	1,49
Cloro	1,36

Fonte: Manley *et al.* (1967) *apud* Guzel-Seydim, Greene e Seydim (2004).

Em um estudo realizado para avaliar o potencial dos sanitizantes para aumento da vida útil do tomate e preservação da qualidade, foram testados o cloro, o ozônio aquoso e o dióxido de cloro e teve por conclusão que tanto o dióxido de cloro como o ozônio é uma alternativa para substituição do cloro, sendo que o ozônio apresentou maior similaridade quando comparado ao controle realizado usualmente (BAIA, 2019).

No estudo realizado por da Silva *et al.* (2011) é mostrada uma comparação realizada entre o processo de desinfecção através de cloração e ozonização. O processo de ozonização possui um maior custo de investimento, porém é mais seguro e possui maior eficácia na redução de microrganismos, principalmente de vírus e protozoários. Além disso, gera subprodutos menos tóxicos e possui menor residual tóxico.

Conforme é possível concluir, através de estudos que vem sendo realizados, todo sanitizante utilizado vai ter suas vantagens e desvantagens dependendo sua aplicação, o Quadro 1 traz algumas desses pontos positivos e negativos dos três sanitizantes mencionados anteriormente, o cloro, o dióxido de cloro e o ozônio.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens de sanitizantes

(continua)

<b>Sanitizante</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Cloro	Baixo custo; forte agente oxidante; facilidade de aplicação; fácil acesso.	Reage com a matéria orgânica; o pH deve ser controlado; formação de subprodutos potencialmente cancerígenos.
Dióxido de cloro	Maior capacidade oxidante; reage menos com a matéria orgânica; pode ser usado em menores concentrações, menos propenso a formação de produtos cancerígenos.	Degrada sob exposição à luz solar; instável; pode alterar sabor e aparência dos produtos se utilizado em alta dosagem.

(conclusão)

Ozônio	Não requer altas concentrações; se decompõe em oxigênio; aprovado pelo FDA para ser utilizado pela indústria de alimentos.	É instável; alto custo inicial; sensível à matéria orgânica; tóxico se inalado.
--------	--	---

Fonte: Adaptado de Baia (2019).

#### 2.4.2.1 Dióxido de cloro

O dióxido de cloro é muito utilizado uma vez que reage com proteínas e ácidos graxos da membrana celular sendo altamente eficaz contra fungos, bactérias e vírus. Além disso, o dióxido de cloro não forma compostos orgânicos clorados, sendo assim mais ecológico e seguro (PFUNTNER, 2011).

Quando comparado ao cloro, o dióxido de cloro possui maior potencial de oxidação e é mais eficiente, não forma compostos halogenados quando entra em contato com matéria orgânica, o que o faz não ser cancerígeno. Pode ser utilizado na forma de gás ou em solução aquosa sendo que para cada uma das formas, cuidados devem ser tomados (PRATAS, 2014).

#### 2.4.2.2 Ozônio

O ozônio é formado quando moléculas de oxigênio se rompem devido a uma forte descarga elétrica gerando átomos separados que se combinam para então formar o ozônio. Além de ser eficaz no controle de carga microbiana e auxiliar no controle de níveis tóxicos de outros compostos orgânicos e metais pesados, possui o ar como matéria prima e não gera resíduos pois se decompõe em oxigênio, sendo considerado ecologicamente correto (M&GT ELETRO ELETRÔNICOS, 2020).

O ozônio é utilizado como forma de sanitização na indústria alimentícia e a sua utilização possui inúmeras vantagens, por exemplo, não é armazenado e sim gerado no local do uso, diminuindo resíduos gerados e também estoques de produtos químicos. Além disso, possui auto decomposição fazendo com que não gere resíduos após a utilização (NAITO; TAKAHARA, 2007).

Estudos mostram que o ozônio além de ser um ótimo meio de sanitização, também auxilia na inibição de fungos e na degradação de micotoxinas presentes no grão sem alterar suas características físico químicas. O ozônio é conhecido

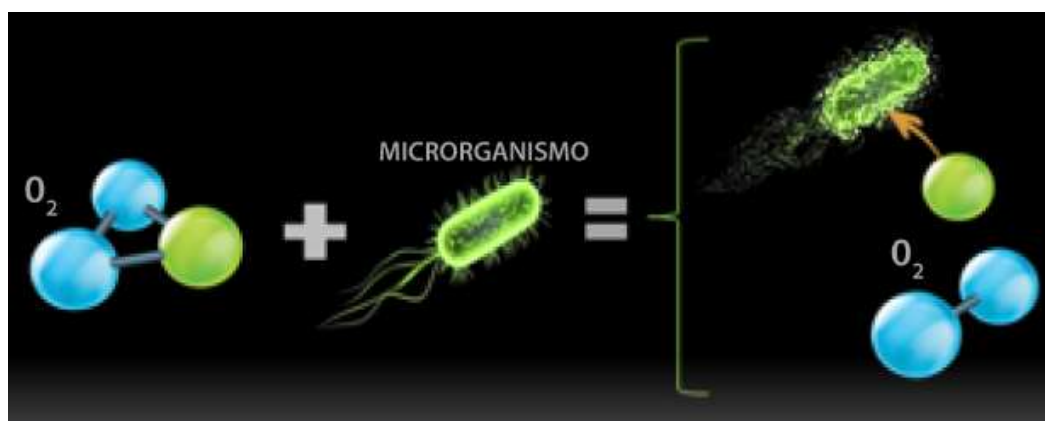


internacionalmente por ser um produto seguro, o que aumenta a expectativa de se tornar um método de descontaminação a ser utilizado nas indústrias alimentícias reduzindo as contaminações e garantindo a segurança do alimento e conseqüentemente do consumidor (BORTOLOTTI, 2014).

Segundo Wang *et al.* (2016), o ozônio é uma opção com bom desempenho quando aplicado e avaliado mediante a multiplicação de fungos e remoção de micotoxinas nos grãos de trigo, afetando minimamente a qualidade do cereal contaminado com DON (WANG *et al.*, 2016).

Embora cada espécie microbiana tenha uma sensibilidade diferente em relação ao ozônio, a ação do mesmo ocorre nas membranas e nos constituintes das paredes de diversas células e ocasiona a morte microbiana por meio da ruptura ou desintegração da membrana da parede celular levando à dispersão dos conteúdos. A Figura 11 mostra como o ozônio ataca o microrganismo (MY OZONE, 2020).

Figura 11 - Ação do ozônio em microrganismos



Fonte: My Ozone (2020).

## 2.5 ESTADO DA ARTE DO CONTROLE MICROBIANO EM TRIGO

No Brasil, o uso de ozônio ainda não é regulamentado, mas também não é proibido. Embora existam poucas pesquisas sendo realizadas com o ozônio no Brasil e também não exista legislação específica para auxiliar nas aplicações do ozônio na área de alimentos, ele é apresentado como alternativa de substituição do cloro para fins de sanitização. Além disso, pode aumentar a vida de prateleira de alguns produtos e mostra eficácia na inativação de microrganismos e, esta, pode variar dependendo de algumas condições, como por exemplo, concentração do ozônio e tempo de aplicação (SILVA *et al.*, 2011).

Independente do produto a ser utilizado, é importante avaliar a resistência dos microrganismos frente ao sanitizante utilizado. Algumas bactérias como *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. podem produzir biofilmes que permitem a fixação em superfícies evitando também o contato com o sanitizante e, conseqüentemente, a resistência bacteriana ao produto utilizado e uma possível fonte de contaminação (PFUNTNER, 2011).

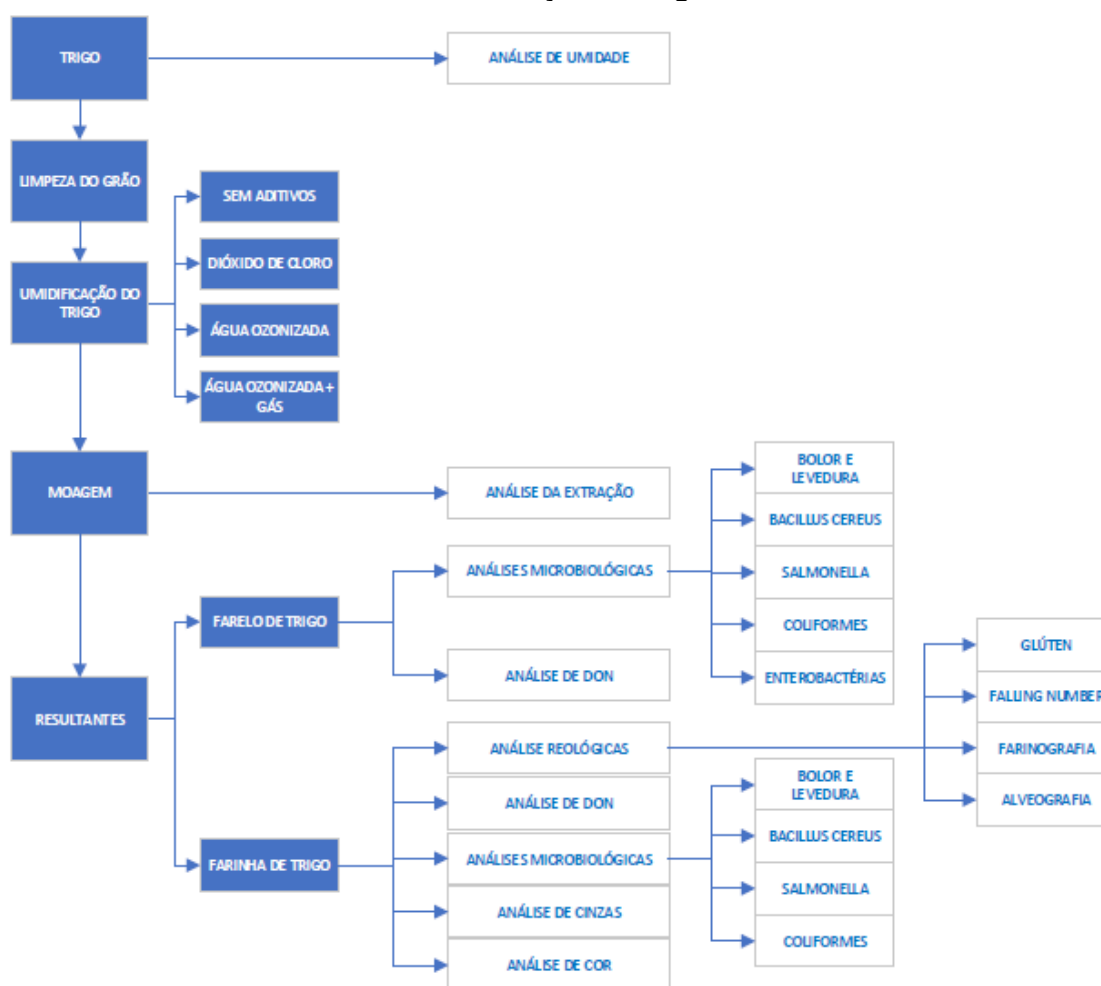
Portanto, o esperado é que o ozônio, aplicado de forma segura, apresente ação na redução da carga microbiana do trigo e da farinha de trigo sem que as propriedades do produto sejam alteradas a fim de alcançar os objetivos propostos de substituição do dióxido de cloro. Para avaliação dos resultados, serão realizadas análises de acordo com a metodologia apresentada no Capítulo 3.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste Capítulo são explicitados os procedimentos utilizados para realização dos testes e também as metodologias das análises propostas em cada etapa do presente trabalho.

A Figura 12 mostra um fluxograma referente aos testes de aplicação de ozônio na etapa de umidificação do trigo, bem como as análises feitas em cada etapa.

Figura 12 - Fluxograma referente aos testes de aplicação de ozônio na etapa de umidificação do trigo



Fonte: A Autora (2020).

O trigo foi fornecido pela empresa onde os testes foram realizados. Utilizou-se amostras de trigo classificado como branqueador e foram utilizados aproximadamente 40 kg, quantidade esta fracionada de forma igualitária para cada teste.

O gerador de ozônio utilizado para realizar os testes foi disponibilizado pela empresa SLO3 (Pomerode, SC) e trata-se de uma nova tecnologia da empresa

chamada Oxibiograin. A Figura 13 representa a estrutura montada para realização dos testes.

Figura 13 - Estrutura para realização dos testes



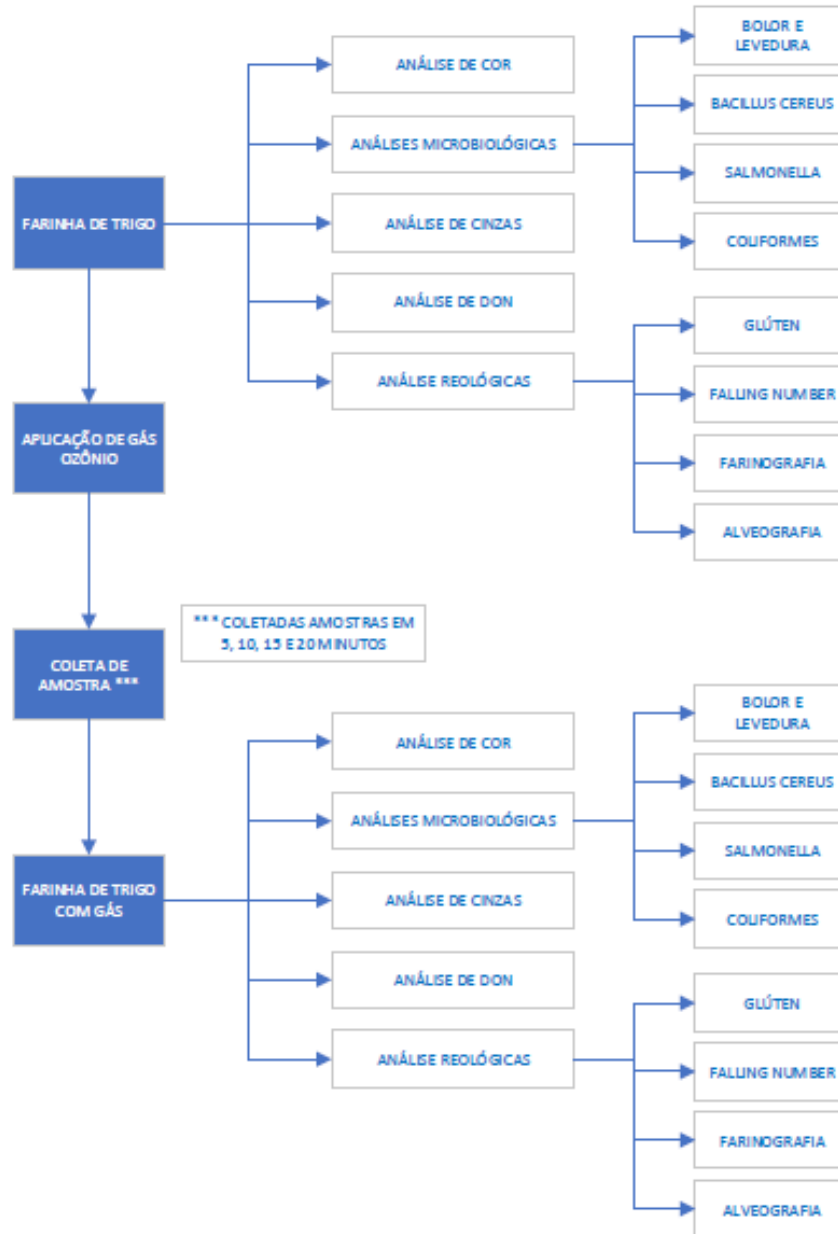
Fonte: A Autora (2020).

O dióxido de cloro utilizado para teste foi disponibilizado pela própria empresa onde os testes foram realizados. O nome comercial do produto é Bio Acqua e o fornecedor é a Laza Biotecnologia com sede em Xanxerê - RS.

O processo de moagem foi realizado no laboratório de trigo de uma empresa processadora de trigo localizada na Serra Gaúcha e as análises reológicas foram realizadas no laboratório de controle da qualidade da empresa.

Além dos testes de aplicação do ozônio no momento da umidificação do trigo que, conforme estudo prévio, trata-se da melhor forma de aplicação devido aos resultados esperados serem mais abrangentes, foi realizado um teste aplicando gás ozônio diretamente na farinha de trigo conforme cronograma representado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma referente ao teste de aplicação de ozônio em farinha de trigo



Fonte: A Autora (2020).

Foram utilizados dois tipos de farinha para este teste, uma delas era farinha de trigo especial e a outra era farinha de trigo integral, ambas cedidas pela empresa onde os testes foram realizados. O cálculo da concentração de ozônio foi realizado considerando o peso da amostra, logo cada vez que se retirava uma amostra em peso, a concentração que o restante da farinha de trigo recebia era maior. Assim, além de aumentar o tempo de contato, aumentava a concentração do gás.

A Tabela 6 contempla as concentrações de ozônio de cada amostra e os tempos de exposição, 5, 10, 15 e 20 min.

Tabela 6 - Concentração e tempo de exposição do ozônio em farinha de trigo especial e integral

<b>Amostra</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
Especial	1517	1750	2470	3550
Integral	1517	1865	2527	3669

Fonte: A Autora (2020).

### 3.1 PROCESSO DE MOAGEM EXPERIMENTAL DO GRÃO DE TRIGO

Inicialmente foi adicionado o trigo no equipamento Sintel representado na Figura 15. Este tem por finalidade a limpeza do grão através da separação de impurezas e materiais estranhos, como palha, grãos chochos, triguilhos, poeira, pedras, entre outros tipos de grãos, que podem ser separados por meios mecânicos. A amostra é alimentada pela parte superior, passando por um tipo de peneira que permite, através da alta rotação, que as impurezas e materiais estranhos sejam separados dos grãos de trigo.

Figura 15 - Equipamento para limpeza de grãos Sintel



Fonte: A Autora (2020).

Após foi realizada a leitura da umidade do grão para que fosse possível realizar o cálculo da quantidade de água adicionada no processo de umidificação. A amostra foi inserida no equipamento G1000 representado pela Figura 16 e o resultado dado

em segundos. De acordo com o manual do equipamento, o método de análise não é divulgado por questões comerciais do fabricante.

Figura 16 - Equipamento para determinação da umidade do grão de trigo



Fonte: A Autora (2020).

A umidificação do grão foi a próxima etapa do processo. Esta consistiu em aumentar a umidade do trigo para 14 % (m/m) para posterior moagem e apresentou duração de uma hora e trinta minutos para cada amostra.

Foram realizados testes utilizando: (i) água sem adição de aditivos; (ii) água com adição de dióxido de cloro; (iii) água com adição de ozônio e (iv) água com adição de ozônio e ozônio gasoso no período de umidificação. A amostra foi colocada em bombonas para facilitar o processo.

Na Equação (1) é apresentado o cálculo para obtenção da quantidade de água a ser adicionada.

$$Q_{ta} = \frac{U_f - U_i}{100 - U_f} \times Pa \quad (1)$$

Sendo,

Q<sub>ta</sub>: Quantidade de água a ser adicionada (mL)

U<sub>f</sub>: Umidade final do trigo (%)

U<sub>i</sub>: Umidade inicial do trigo (resultado obtido através de análise) (%)

P<sub>a</sub>: Peso da amostra (g)

A moagem foi realizada a partir do método AACC 26-10.02 no moinho experimental representado pela Figura 17. O processo de moagem experimental consiste num moinho que possui duas unidades de quatro rolos e um agitador de peneira, composto por duas seções de peneiras, empilhadas uma sobre a outra, separando as frações de acordo com a granulometria.

Figura 17 - Moinho experimental



Fonte: A Autora (2020).

### 3.2 ANÁLISES REALIZADAS NOS PRODUTOS OBTIDOS

Após a moagem, foi calculada a extração da farinha obtida por meio da Equação (2).

$$Ex = \frac{P_f}{P_a} \times 100 \quad (2)$$

Onde,



Ex: Extração obtida (%)

Pf: Peso da farinha obtida (g)

Pa: Peso da amostra de trigo (g)

Foram realizadas as análises reológicas, análise de cinzas, análise de cor, quantificação da micotoxina desoxinivalenol e análises microbiológicas na farinha de trigo. O farelo de trigo também foi analisado quanto a micotoxina desoxinivalenol e microbiologia. As metodologias estão descritas nos próximos itens.

### 3.2.1 Análises reológicas

As análises reológicas, assim como a análise de cinzas, análise de cor e quantificação da micotoxina desoxinivalenol (DON) foram realizadas no laboratório de controle da qualidade da empresa que possui temperatura controlada a 21 °C.

#### 3.2.1.1 Glúten

A determinação do teor de glúten em farinhas é baseada na insolubilidade das proteínas constituintes do glúten em solução salina e na propriedade que o mesmo tem de se aglomerar formando uma massa plástica quando manuseado sob corrente de água eliminando outros constituintes, é realizada através do método ICC155 / AACC 38-12.02 e resulta na quantificação e qualificação do glúten presente na farinha. O equipamento utilizado está representado na Figura 18.

Figura 18 - Equipamento utilizado para determinação de glúten



Fonte: Mättsolutions (2020).

A seguir as Equações (3), (4) e (5) utilizadas para cálculo dos resultados de glúten úmido, index e seco, respectivamente.

$$Gu = Ptg \times 10 \quad (3)$$

$$Gi = \frac{Gr}{Ptg} \times 100 \quad (4)$$

$$Gs = \frac{Gu}{3} \quad (5)$$

Onde,

Gu: Glúten úmido (g)

Ptg: Peso total do glúten (g)

Gi: Glúten index (%)

Gr: Glúten que ficou retido (g)

Gs: Glúten seco (g)

#### 3.2.1.2 *Falling number*

A análise de *falling number* tem por objetivo medir a atividade enzimática da alfa amilase presente na amostra, é medida de forma indireta definida como o tempo necessário para que o agitador viscosimétrico percorra uma distância conhecida atravessando uma suspensão de gel de amido que será liquefeito pela hidrólise da enzima. O tempo é inversamente proporcional à atividade enzimática, ou seja, quanto maior for o valor obtido nessa análise, menor é a atividade da enzima. A análise é realizada pelo método ICC 107/1 / AACC 56-81.03 no equipamento representado na Figura 19.

Figura 19 - Equipamento *Falling Number*



Fonte: Perten (2020).

### 3.2.1.3 Farinografia

A análise de farinografia avalia a amostra quanto aos parâmetros de absorção de água, estabilidade, índice de tolerância a mistura e tempo de desenvolvimento. Em outras palavras, o farinógrafo representado pela Figura 20, mede e registra em forma de gráfico a resistência de uma farinha à mistura, seguindo o método AACC 54-21.01.

Figura 20 - Equipamento farinógrafo

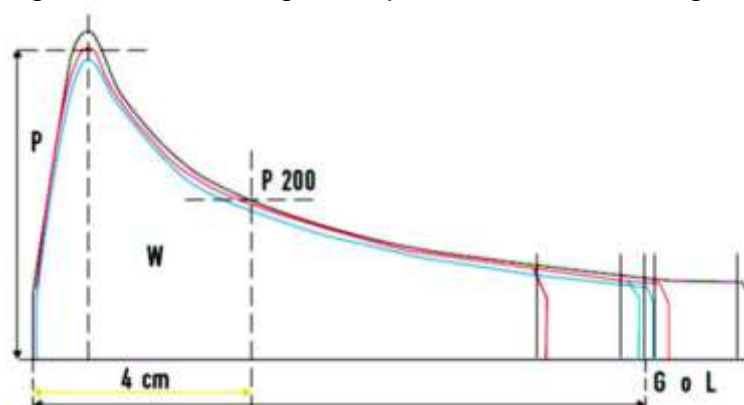


Fonte: A autora (2020).

### 3.2.1.4 Alveografia

Nesta análise, uma massa é preparada com farinha e solução salina a 2,5 %, extrusada e cortada em forma de discos, que serão insuflados por ar até a sua ruptura, após o tempo definido pelo método aplicado. Os resultados são obtidos através de uma média das cinco curvas obtidas no alveógrafo conforme representado na Figura 21 as quais são determinadas propriedades da farinha de trigo como tenacidade, força e extensibilidade. A análise segue o método AACC 54-30.02 e o equipamento está representado na Figura 22.

Figura 21 - Gráfico gerado pela análise de alveografia



Fonte: Santos *et al.* (2015).

Figura 22 - Equipamento alveógrafo



Fonte: A Autora (2020).

### 3.2.2 Análise de Cor

A análise de cor tem por objetivo traduzir a cor da amostra em termos numéricos. A análise é realizada pelo equipamento Colorímetro Konica Minolta modelo CR-410 representado pela Figura 23 que realiza a medição da cor por reflectância. É um método de leitura direta, sem que seja necessária a preparação da amostra.

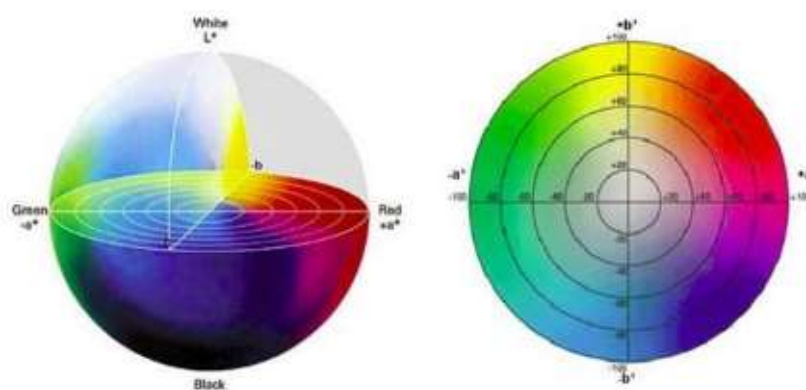
Figura 23 - Equipamento Colorímetro Konica Minolta



Fonte: Aq Instruments (2020).

Os resultados obtidos são expressos de maneira tridimensional pelo sistema L, a, b conforme representado na Figura 24 e legenda abaixo.

Figura 24 - Sistema L\*, a\*, b\*



Fonte: Santos *et al.* (2015).

L\* – medida da luminosidade da amostra, variando de 0 (preto total) a 100 (branco total);

a\* – quando positivo, tendência ao vermelho e quando negativo, tendência ao verde;

b\* – quando positivo, tendência ao amarelo e quando negativo, tendência ao azul;

Comumente, é realizada a análise de pekar na farinha de trigo, com a finalidade de avaliar visualmente o produto quanto a tonalidade e também para a verificação da presença de fragmentos de farelo. Consiste na preparação de uma lâmina de farinha a qual é imersa em água e posteriormente seca.

### 3.2.3 Análise de cinzas

Esta análise tem por objetivo determinar o teor de cinzas da amostra. As cinzas têm por definição a quantidade de matéria mineral que permanece como resíduo incombustível da substância testada após a aplicação do procedimento. O método seguido para realização da análise é o ICC 104/1.

Para calcular o teor de cinzas são utilizadas as Equações (6) e (7).

$$C_s = \frac{C_u}{100 - U_a} \times 100 \quad (6)$$

$$C_u = \frac{p_2 - p_1}{p_a} \times 100 \quad (7)$$

Onde,

Cs: cinzas em base seca (%)

Cu: cinzas em base úmida (%)

Ua: umidade da amostra (%)

p2: peso do cadinho + amostra incinerada (g)

p1: peso do cadinho vazio (g)

pa: peso da amostra (g)

A umidade da amostra é realizada através do método ICC 100/1 / AACC 44-15.02 e tem por objetivo determinar o conteúdo de umidade da amostra. O conhecimento do teor de umidade é de fundamental importância na conservação e

armazenamento, na manutenção da sua qualidade e no processo de comercialização do produto, além de ter limite definido em legislação conforme Tabela 1. Este parâmetro é utilizado também nas análises de farinografia e alveografia.

### 3.2.4 Análise da micotoxina desoxinivalenol (DON)

A análise da micotoxina desoxinivalenol foi realizada por meio de uma análise de método rápido, ensaio imunocromatográfico de fluxo lateral que permite ler e analisar os resultados, produzindo resultados quantitativos.

### 3.2.5 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas pelo Laboratório de Análise e Pesquisa em Alimentos – LAPA na Universidade de Caxias do Sul. O Quadro 2 apresenta o parâmetro a ser avaliado e a metodologia de cada um.

Quadro 2 - Ensaio microbiológicos a serem realizados e metodologias

Ensaio	Metodologia
<i>Bacillus cereus</i> – Determinação quantitativa pela técnica de contagem em superfície	ISO 7932:2004, 3ª ed., 15/06/2004 [LAPA - PE 009]
Coliformes a 45 °C (termotolerantes) – Determinação quantitativa pela técnica de contagem em profundidade	CMMEF 5ª ed., 2015. p.105 (9.23) <i>Fecal Coliforms</i> ; p.111 (9.73) <i>Confirmed Test for Coliforms</i> ; p.111 (9.73) <i>VRBA Method for Coliforms Not Expected to Be Stressed or Damaged</i> . [LAPA – PE 026]
<i>Salmonella ssp.</i> – Determinação qualitativa pela técnica de presença/ausência	AOAC 21ª edição, 2019 (método 2016.01) <i>RI Certificate No.031208</i> – AFNOR 3M 01/16 11/16
Bolores e Leveduras	AOAC 21ª edição, 2019 (método OMA 2014.5 Enumeration of Yeast and Mold in Food 3M™ Petrifilm™ Rapid Yeast and Mold Count Plate) - Método validado AFNOR 3M 01/13 – 07/14 [LAP – PE 036]
<i>Enterobacteriaceae</i> - Determinação quantitativa pela técnica de contagem em profundidade	AOAC INTERNATIONAL. 21th 2019 (Método 2003.01) Método AFNOR 3M 01/06 – 09/97

Fonte: A Autora (2020).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste Capítulo serão abordados os resultados e discussão das análises realizadas na farinha de trigo e no farelo de trigo, obtidos através da moagem do trigo umidificado com água pura, com adição de dióxido de cloro, com adição de água ozonizada e com adição de água ozonizada mais o gás ozônio, seguindo as metodologias citadas no capítulo anterior. Também estão contemplados os resultados das análises realizadas na farinha de trigo especial e na farinha de trigo integral, que foram submetidas a aplicação do gás ozônio.

### 4.1 RESULTADOS RELACIONADOS AO TESTE DA ADIÇÃO DE OZÔNIO NA ETAPA DE UMIDIFICAÇÃO DO TRIGO

A escassez de estudos relacionados a aplicação de ozônio na etapa de umidificação impossibilita uma discussão comparativa entre resultados de outros autores. Por este motivo, na maior parte das análises estão apresentados e discutidos apenas os resultados oriundos dos testes realizados neste trabalho.

#### 4.1.1 Processo de moagem e análise de extração

A amostra de trigo utilizada foi analisada quanto à umidade, antes da realização do processo de umidificação e moagem. A partir deste resultado, foi estimada a quantidade de água para atingir 14 % de umidade, com auxílio da Equação (1). A umidade inicial do grão foi de 12,7 % e a quantidade de água adicionada nas amostras foi de 72 mL.

Após uma hora e trinta minutos, as amostras foram inseridas no moinho experimental para realização da moagem. Antes de realizar a moagem do grão, as amostras foram novamente analisadas quanto a umidade e os resultados estão contemplados na Tabela 7.

Tabela 7 - Umidade dos grãos de trigo antes da moagem e extração obtida

<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
Umidade (%)	14,9	13,8	13,8	15,4	15,3	15,3
Extração (%)	54,29	58,46	54,21	50,81	51,48	52,14

Fonte: A Autora (2020).



Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Nas amostras que utilizaram a água ozonizada mais o gás (A<sub>15</sub>, A<sub>30</sub> e A<sub>60</sub>), foi adicionado duas vezes o volume de água estimado. Por este motivo, o teor de umidade dos grãos antes da moagem das amostras foi maior, para ter resultados mais próximos e ser mais assertivos na comparação, uma vez que a umidade tem interferência sobre extração e outras análises, a amostra padrão recebeu um volume maior de água, ou seja, o cálculo utilizando a Equação 1 foi realizado para chegar a 15% de umidade e não 14 % como é o padrão, logo foi adicionado um volume de 129 mL nesta amostra.

As amostras que receberam apenas água ozonizada e água com dióxido de cloro tiveram resultado de umidade mais baixos, pois a quantidade de água adicionada foi menor, seguindo a metodologia do cálculo para adição de água na etapa de umidificação.

Após a obtenção da farinha de trigo, foram calculadas através da Equação (2) as extrações do produto e os resultados estão contemplados na Tabela 7.

A umidade das amostras tem interferência na extração do produto, comparando os resultados da Tabelas 7 é possível concluir que, quanto maior a umidade, menor é a extração obtida. Analisando os resultados das amostras umidificadas com água ozonizada e água e dióxido de cloro, que possuem a mesma umidade, pode-se dizer que a água ozonizada reduziu a extração do produto. E, avaliando os demais resultados, pode-se concluir que as amostras utilizando ozônio resultaram numa menor extração de farinha de trigo, porém quanto mais tempo de aplicação de ozônio, maior a extração obtida.

#### **4.1.2 Análises reológicas**

As análises reológicas foram realizadas a fim de avaliar se havia alguma interferência do tratamento com ozônio nas propriedades da farinha de trigo, uma vez que o objetivo do procedimento é reduzir a carga microbiana e também a micotoxina desoxinivalenol sem que ocorram alterações nas características do produto final. Os resultados estão contemplados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados das análises reológicas das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem

<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
Glúten úmido (%)	31,7	31,3	31,1	30,2	32,00	31,7
Glúten seco (%)	10,6	10,4	10,4	10,1	10,7	10,6
Glúten index (%)	92,4	94,6	98,1	96,0	96,2	93,4
<i>Falling number</i>	340	335	331	334	336	332
Absorção (%)	57,6	57,6	57,0	56,5	56,0	56,2
Estabilidade (min)	14,7	15,1	14,5	13,8	14,5	13,9
W (x10 <sup>-4</sup> J)	278	271	302	291	295	280
P/L	0,45	0,51	0,39	0,51	0,54	0,51

Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Assim como no trabalho de Paul (2007), não houve uma variação das características do produto final, uma vez que o ozônio precisa passar pelo pericarpo para atingir o endosperma, de onde é extraída a maior parte da farinha de trigo, o que dificulta a chegada de uma concentração de ozônio suficiente para alterações no produto final.

Na análise de glúten foi avaliado principalmente a variação do glúten index, uma vez que, é muito importante não ter uma queda deste número o que representaria um glúten de má qualidade. As diferenças encontradas ficam próximas a 6 % para o glúten úmido e index, o que pode estar relacionada a erros experimentais.

Na análise de *falling number* não ocorrem variações. Em estudo realizado por Paul (2007), onde os grãos de trigo foram submetidos a aplicação de ozônio antes da moagem, também não houve variação neste parâmetro.

A análise de farinografia retorna como resultados, a absorção, a estabilidade, o tempo de desenvolvimento e o ITM (índice de tolerância à mistura). Na análise de farinografia não houve alterações consideráveis, sendo que a variação na estabilidade foi de aproximadamente 9 % e de menos de 2 % na absorção.

A análise de alveografia permite avaliar parâmetros como W (força), P (tenacidade), L (extensibilidade) e P/L (relação de equilíbrio entre a tenacidade e a elasticidade). Os parâmetros da alveografia mostram que o processo de utilizar ozônio

na umidificação do trigo não resulta em mudanças relacionadas a força do produto e também na relação de equilíbrio.

Embora o ozônio seja oxidante e este tipo de produto altera os parâmetros P e L, não foi possível evidenciar esta alteração. Isto pode ser explicado pelo fato de que neste tipo de aplicação, a concentração de ozônio que chega nas camadas internas do grão não é suficiente para alterar as características da farinha de trigo.

#### 4.1.3 Análise de cor

O aumento da cor pode estar relacionado com a extração do produto, uma vez que quanto maior a extração, menor é a cor do produto. Além disso tem relação com a umidade do grão, quanto maior a umidade menor a extração e, conseqüentemente, maior a cor. O tempo de umidificação também interfere na cor, porém, no caso dos testes foi utilizado o mesmo.

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados da análise da cor nas diferentes amostras testadas.

Tabela 9 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem

<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
L	94,77	94,47	94,59	94,77	94,86	95,01
a	-0,63	-0,61	-0,54	-0,61	-0,67	-0,68
b	9,33	9,52	9,31	9,35	9,63	9,65

Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Analisando os resultados acima, se pode concluir que houve uma melhora na cor da farinha sem que o parâmetro b tivesse sido alterado. Quando avaliados os resultados da extração e da cor dos testes, essa relação não segue em todos os casos, podendo desta forma, o aumento da cor estar relacionado com a utilização do ozônio na etapa de umidificação.

#### 4.1.4 Análise de cinzas

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados da análise de cinzas.

Tabela 10 - Resultados da análise de cinzas das farinhas de trigo obtidas no processo de moagem

Amostra	PD	DC	A <sub>0</sub>	A <sub>15</sub>	A <sub>30</sub>	A <sub>60</sub>
Cinzas (%)	0,410	0,419	0,430	0,445	0,414	0,441

Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

O teor de cinzas tem relação com a cor do produto, sendo que quanto mais claro o produto, menor o teor de cinzas devido a ser uma farinha extraída da parte mais interna do grão e, conseqüentemente, com menor teor de minerais. Avaliando os resultados da Tabela 10, não é possível evidenciar uma tendência, isso provavelmente está relacionado a discrepâncias próprias de amostras orgânicas, como a farinha de trigo.

#### 4.1.5 Análise da micotoxina desoxinivalenol (DON)

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da análise da micotoxina desoxinivalenol na farinha de trigo e no farelo de trigo. Quando comparado com a amostra padrão que representa a farinha de trigo umidificada com água pura, observa-se que ocorreu uma redução de até 26 % na farinha de trigo na amostra A<sub>0</sub> que recebeu apenas água ozonizada. Também se observou uma redução igual nas amostras A<sub>30</sub> e A<sub>60</sub>.

Quando avaliado apenas a farinha de trigo, tem-se que o melhor resultado foi obtido na amostra que foi apenas umidificada com água ozonizada e não recebeu gás durante o período de umidificação. Porém, se a avaliação é feita em proporção de extração, por exemplo na amostra A<sub>60</sub>, tem-se uma extração de 52,14 %, ou seja, 52,14 % da amostra de grão que passou pelo processo de moagem resultou em farinha de trigo e os outros 47,86 % em farelo de trigo, considerando as duas porções resultantes com os seus valores de micotoxina desoxinivalenol, o melhor resultado ocorre na amostra A<sub>60</sub> onde a redução da mesma ultrapassa os 30 %.

Tabela 11 - Resultados da análise de DON dos produtos resultantes do processo de moagem do trigo

<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
DON (mg/kg) - Farinha de trigo	1200	1100	880	960	1000	1000
DON (mg/kg) - Farelo de trigo	2200	1900	1500	1700	1700	1200

Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

#### 4.1.6 Análises microbiológicas

##### 4.1.6.1 Análises microbiológicas na farinha de trigo

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas realizadas nas farinhas de trigo obtidas pelo processo de moagem experimental. Todas as análises estão dentro do que a legislação permite, sendo que os parâmetros *Bacillus cereus* e coliformes a 45 °C ficaram abaixo do limite quantitativo do método da análise e, por este motivo, não é possível concluir se houve ou não uma diminuição quando se utiliza dióxido de cloro e ozônio no processo de umidificação e também não foi possível avaliar a influência dos mesmos.

Tabela 12 - Análises microbiológicas nas farinhas de trigo obtidas no processo de moagem

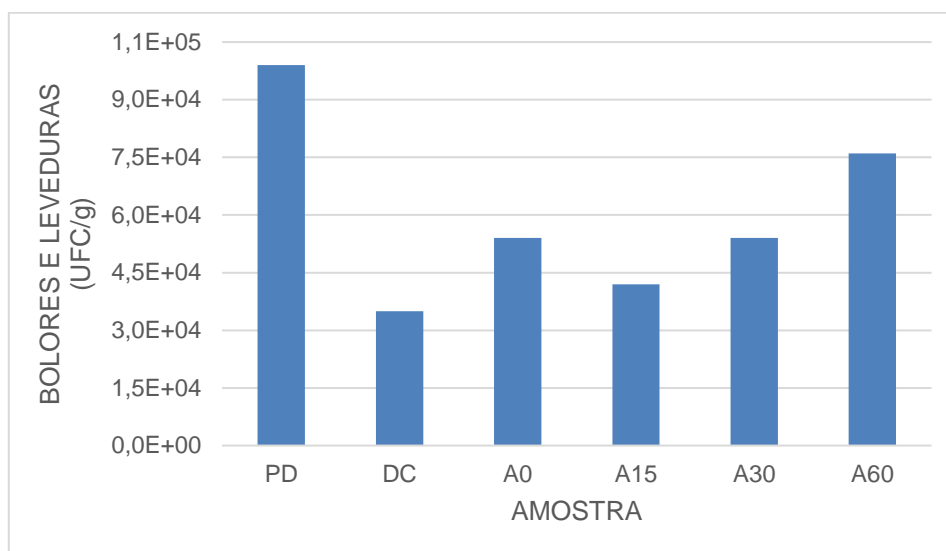
<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Coliformes a 45 °C (UFC/g)	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
<i>Salmonella</i> <i>spp.</i> (em 25 g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Os resultados das análises de bolores e leveduras estão contemplados na Figura 25.

Figura 25 - Análise de bolores e leveduras nas farinhas de trigo obtida no processo de moagem



Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Analisando o gráfico representado na Figura 25, é possível verificar a redução de bolores e leveduras nas amostras de farinha de trigo obtida com o trigo umidificado com o dióxido de cloro e também com as diferentes formas de aplicação do ozônio. Através dos resultados, é possível evidenciar que o dióxido de cloro teve uma maior redução frente as amostras em que foi utilizado o ozônio e, dentre estas, a maior redução ocorreu na amostra que recebeu a adição de água ozonizada e uma quantidade de gás ozônio por 15 min durante o período de umidificação. Observa-se também que as últimas duas amostras não seguiram uma tendência, ou seja, aumentou o tempo de exposição com o gás ozônio, porém não resultou em uma redução da carga de bolores e leveduras.

No estudo realizado por Lanita e Silva (2008), a aplicação do ozônio em conjunto com duas operações de lavagem, propiciou uma redução na contagem de bolores e leveduras na superfície dos queijos de  $2,8 \times 10^4$  para  $9,0 \text{ UFC/cm}^2$ . Resultado considerável, porém, como houve o processo de lavagem, não se pode associar a redução toda pela ozonização.

#### 4.1.6.2 Análises microbiológicas no farelo de trigo

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas no farelo de trigo obtido de cada amostra que passou pelo processo de moagem.

Tabela 13 - Análises microbiológicas nos farelos de trigo obtido no processo de moagem

<b>Amostra</b>	<b>PD</b>	<b>DC</b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>15</sub></b>	<b>A<sub>30</sub></b>	<b>A<sub>60</sub></b>
Bacillus cereus (UFC/g)	1x10 <sup>2</sup>	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Coliformes a 45 °C (UFC/g)	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Salmonella spp. (em 25 g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

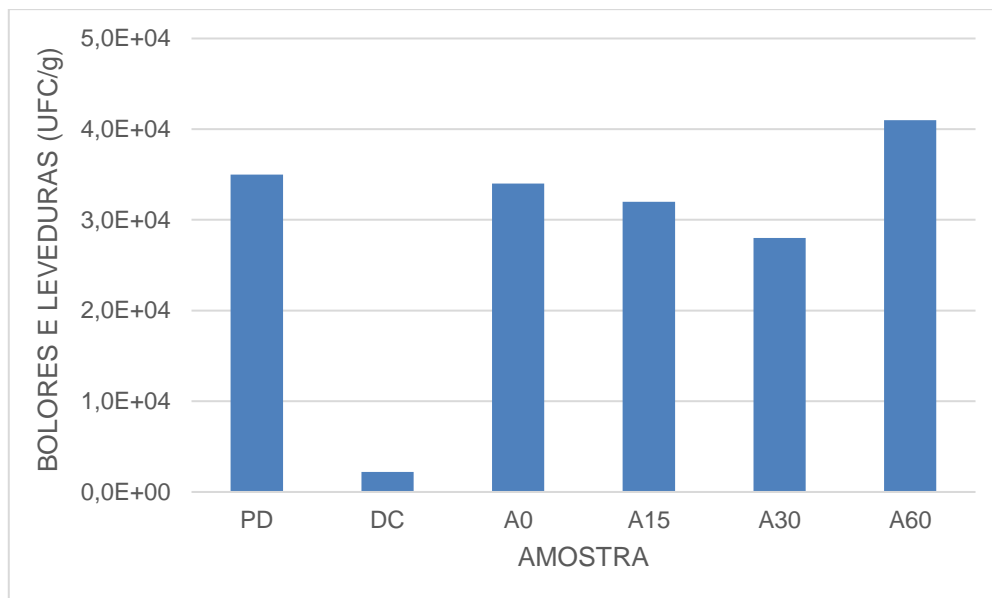
Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Todas as análises estão dentro do que a legislação permite, sendo que, na análise de coliformes a 45 °C, ocorreu o mesmo que nas amostras de farinha de trigo, os resultados ficaram abaixo do limite quantitativo do método da análise. Já no parâmetro *Bacillus cereus*, pode ser verificada a redução tanto na utilização do dióxido de cloro como do ozônio, porém, pelo mesmo motivo, não foi possível avaliar qual teve uma melhor eficácia.

Avaliando os resultados das análises de bolores e leveduras, contemplados na Figura 26, verifica-se uma maior redução desta contaminação quando se utiliza o dióxido de cloro, embora quando se faz uso do ozônio, a redução também acontecesse, exceto para a amostra A<sub>60</sub> que teve um resultado superior a todas as amostras, inclusive a padrão.

Figura 26 - Análise de bolores e leveduras nos farelos de trigo obtido no processo de moagem

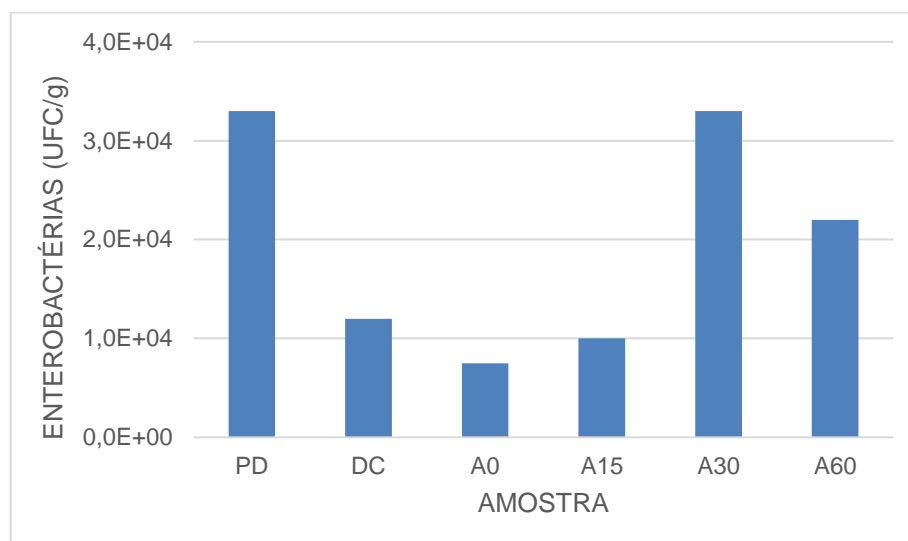


Fonte: A Autora (2020).

Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Uma análise realizada comumente no farelo de trigo é a análise de enterobactérias, os resultados obtidos nas amostras de farelo de trigo obtido nas moagens experimentais realizadas nos testes estão contemplados na Figura 27.

Figura 27 - Análise de enterobactérias nos farelos de trigo obtido no processo de moagem



Fonte: A Autora (2020).



Nota: PD – Amostra padrão (água sem aditivos); DC – Amostra utilizando água com adição de dióxido de cloro; A<sub>0</sub> – Amostra utilizando água ozonizada; A<sub>15</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 15 minutos de gás; A<sub>30</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 30 minutos de gás; A<sub>60</sub> – Amostra utilizando água ozonizada + 60 minutos de gás.

Observando o gráfico, é possível verificar que a utilização destes sanitizantes ocasiona a redução das enterobactérias, a maior redução foi obtida na amostra A<sub>0</sub> que recebeu apenas água ozonizada. Nas amostras A<sub>30</sub> e A<sub>60</sub> acontece um aumento quando comparada as demais amostras.

## 4.2 RESULTADOS RELACIONADOS AO TESTE DA APLICAÇÃO DE OZÔNIO NA FARINHA DE TRIGO

Devido as quantidades das amostras dos testes aplicando ozônio em farinha de trigo, as análises reológicas, de micotoxina desoxinivalenol, de cinzas e microbiológicas foram realizadas nas amostras que ficaram expostas ao gás por 20 min e foram comparadas à amostra padrão. As demais amostras foram avaliadas apenas quanto a cor.

### 4.2.1 Análises reológicas

Da mesma forma que nos testes de ozônio aplicado na etapa de umidificação do trigo, as análises reológicas realizadas nas farinhas de trigo especial e integral, tiveram como objetivo avaliar a interferência do tratamento com ozônio nas suas propriedades reológicas.

As Tabelas 14 e 15 contemplam os resultados das análises reológicas das farinhas de trigo especial e integral em comparação com as suas amostras referências.

Tabela 14 - Resultados de análises reológicas da farinha de trigo especial

(continua)

Análise	Especial Referência	Especial 20
<i>Falling number</i>	335	360
Glúten úmido (%)	24,80	Não foi possível a separação
Glúten seco (%)	8,26	
Glúten index (%)	98,00	

(conclusão)

W (x10 <sup>-4</sup> Joules)	239	129
P/L	2,78	9,33
Absorção (%)	61,8	59,1
Estabilidade (min)	20,0	18,3

Fonte: A Autora (2020).

Nota: W – força do produto; P/L – tenacidade/elasticidade.

Como a análise de alveografia da farinha especial exposta ao gás ozônio por 20 min demonstrou um resultado alterado, foi realizada a análise na amostra Especial 5 a qual foi submetida ao gás por um menor tempo e com concentração menor. O resultado da força, representada pelo parâmetro W, foi de 300 e o equilíbrio, representado pelo parâmetro P/L, foi de 1,92 mostrando que, embora menor a concentração e o tempo de contato, o ozônio afeta o produto e, como é um oxidante, a alteração mais representativa está relacionada a extensibilidade e elasticidade.

Tabela 15 - Resultados de análises reológicas da farinha de trigo integral

<b>Análise</b>	<b>Integral Referência</b>	<b>Integral 20</b>
<i>Falling number</i>	352	325
Glúten úmido	27,60	29,40
Glúten seco	9,20	9,80
Glúten index	100,00	100,00
W	148	208
P/L	9,44	6,98
Absorção	66,8	67,6
Estabilidade	12,2	14,2

Fonte: A Autora (2020).

Nota: W – força do produto; P/L – tenacidade/elasticidade.

No estudo realizado por Paes (2011) foi observada uma variação no *falling number*, sendo que a farinha ozonizada resultou em valor de *falling number* superior, o mesmo pode ser observado na análise realizada na farinha especial.

No trabalho realizado por Paul (2007) também houve aumento do *falling number* quando aplicado o gás de ozônio na farinha de trigo e, o aumento seguia conforme aumentava a concentração, podendo o tratamento estar associado a uma

diminuição na atividade das enzimas. Porém, uma vez que o ozônio é um oxidante, a variação está mais relacionada a variação de análise do que do resultado dos efeitos da aplicação do gás sobre enzimas.

A oscilação da análise do glúten só pôde ser avaliada na farinha de trigo integral, uma vez que na farinha de trigo especial o gás ozônio teve forte influência na rede de glúten, não sendo possível a separação do mesmo. Isto pode ser visto também na análise de alveografia a qual a força (W) teve uma redução de 46 % confirmando a degradação da rede de glúten bem como o aumento da relação P/L de mais de 200 %.

Na análise de farinografia, assim como na análise realizada na farinha de trigo obtida do grão que recebeu tratamento com ozônio na umidificação, não houve alteração considerável.

#### 4.2.2 Análise de cor

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados da análise da cor nas amostras de farinha de trigo especial.

Tabela 16 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo especial que receberam aplicação de ozônio

<b>Amostra</b>	<b>Especial Referência</b>	<b>Especial 5</b>	<b>Especial 10</b>	<b>Especial 15</b>	<b>Especial 20</b>
L	93,44	93,65	93,64	93,77	93,82
a	-0,45	-0,26	-0,07	0,04	0,06
b	10,68	9,21	8,38	7,70	7,41

Fonte: A Autora (2020).

Apreciando os resultados da Tabela 16, percebe-se um aumento do parâmetro L e isto pode dar um efeito de um produto de melhor qualidade, uma vez que algumas pessoas buscam uma farinha de trigo mais clara. Porém, houve grande variação no parâmetro b que é o parâmetro que diz respeito ao tom amarelo da farinha de trigo, relacionados e referidos como compostos carotenoides, característica muito importante principalmente para produtos utilizados em massas frescas. A mesma variação foi percebida no estudo realizado por Paes (2011), aumento do parâmetro L e diminuição do b, sendo que a mudança do último parâmetro foi associada a

capacidade oxidativa do ozônio, que possibilita a oxidação dos pigmentos amarelos da farinha de trigo.

Por este motivo, foi realizada a análise de pekar destas amostras, conforme Figura 28. Através das lâminas, como é conhecida a análise de pekar, fica visível a variação do parâmetro b, quanto maior o tempo de exposição com o ozônio, mais a farinha perde o tom amarelado e mais acinzentada fica.

Figura 28 - Prova de lâmina das farinhas de trigo especial



Fonte: A Autora (2020).

A mesma variação na cor pôde ser percebida na farinha de trigo integral, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados da análise de cor das farinhas de trigo integral que receberam aplicação de ozônio

<b>Amostra</b>	<b>Integral Referência</b>	<b>Integral 5</b>	<b>Integral 10</b>	<b>Integral 15</b>	<b>Integral 20</b>
L	86,49	85,92	86,55	87,03	87,18
a	1,35	1,75	1,69	1,61	1,58
b	9,19	8,59	8,06	7,78	7,55

Fonte: A Autora (2020).

#### 4.2.3 Análise de cinzas

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados da análise de cinzas.

Tabela 18 - Resultados da análise de cinzas nas farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio

<b>Amostra</b>	<b>Especial Referência</b>	<b>Especial 20</b>	<b>Integral Referência</b>	<b>Integral 20</b>
Cinzas (%)	0,522	0,559	1,840	1,855

Fonte: A Autora (2020).

No estudo realizado por Paes (2011) houve uma redução do teor de cinzas ocasionada, segundo explicação do estudo, pela oxidação de compostos inorgânicos presentes na farinha de trigo. Isto não foi percebido nos testes realizados, uma vez que houve um aumento do teor de cinzas. Porém o aumento não foi considerável, podendo ser relacionado a heterogeneidade da farinha de trigo, por ser um produto orgânico, além de ser uma análise que utiliza uma pequena quantidade de amostra, podendo em um mesmo lote, ter porções com diferentes concentrações.

#### 4.2.4 Análise de DON

Na Tabela 19 estão apresentados os resultados da análise da micotoxina desoxinivalenol nas amostras testadas. Quando é comparada a amostra exposta ao gás com sua referência é possível perceber que não ocorre uma variação e, no caso da especial, não ocorre a redução da micotoxina. Isso já era esperado uma vez que os fungos responsáveis pela ocorrência da micotoxina desoxinivalenol se encontram na camada mais externa do grão e, neste caso, a análise foi realizada na parte mais interna do grão, além disso, tem-se a variação da análise pela própria amostragem.

Tabela 19 - Resultados da análise de DON das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio

<b>Amostra</b>	<b>Especial Referência</b>	<b>Especial 20</b>	<b>Integral Referência</b>	<b>Integral 20</b>
DON (mg/kg)	370	400	670	530

Fonte: A Autora (2020).

Conforme Alexandre *et al.* (2016), que realizou estudo do efeito do processo de ozonização na degradação do desoxinivalenol na farinha de trigo integral, observou uma redução de 78 % no resultado da micotoxina, porém realizou-se um aumento na umidade da farinha de 10 % para 25 %. Já a farinha na umidade normal (10 %) a degradação foi de apenas 24,5 % mostrando que a umidade da amostra tem grande influência, ou seja, na presença de água as propriedades oxidantes do ozônio apresentam melhor desempenho.

#### 4.2.5 Análises microbiológicas

A Tabela 20 mostra os resultados das análises microbiológicas nos parâmetros de *Bacillus cereus*, coliformes a 45 °C e *Salmonella* spp.

Tabela 20 - Resultados de análises microbiológicas das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio

<b>Amostra</b>	<b>Especial Referência</b>	<b>Especial 20</b>	<b>Integral Referência</b>	<b>Integral 20</b>
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< LQ	< LQ	< LQ	1,0 x 10 <sup>2</sup>
Coliformes a 45 °C (UFC/g)	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
<i>Salmonella</i> spp. (em 25 g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

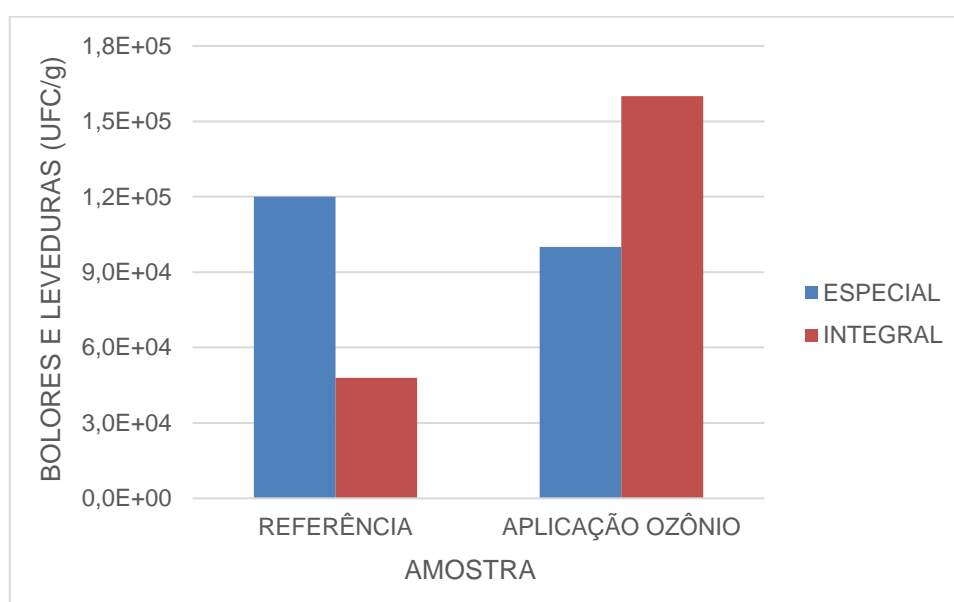
Fonte: A Autora (2020).

As análises de *Salmonella* spp. estão de acordo com o que preconiza a legislação para farinha de trigo, assim como os demais parâmetros, sendo que coliformes

45 °C tiveram um resultado abaixo do limite de quantificação do método, não sendo possível avaliar a influência. E, o parâmetro *Bacillus cereus* teve um aumento na amostra da farinha de trigo integral que recebeu o gás.

A Figura 29 mostra os resultados das análises de bolor e levedura nas amostras e pode-se perceber uma redução na farinha de trigo especial, porém o mesmo não ocorre na farinha de trigo integral.

Figura 29 - Resultados de bolores e leveduras das farinhas de trigo submetidas aos testes de aplicação de ozônio



Fonte: A Autora (2020).

A partir dos resultados exibidos e discutidos, as conclusões do presente trabalho serão apresentadas no Capítulo 5.

## 5 CONCLUSÕES

No teste da aplicação do ozônio na etapa de umidificação do trigo, ele torna-se uma possibilidade de sanitizante, uma vez que as características do produto final não sofrem alterações.

Ao comparar os resultados de extração de farinha de trigo, o ozônio trouxe uma melhora quando comparado ao tratamento convencional com o dióxido de cloro sem que houvessem mudanças consideráveis nos parâmetros reológicos. Assim, a aplicação do ozônio se mostrou benéfica quando comparada ao tratamento convencional.

No teste o qual o ozônio foi aplicado diretamente na farinha de trigo, houve uma inversão na maioria dos resultados quando comparadas as farinhas de trigo especial e integral, exceto na análise de cor e cinzas. Este tipo de aplicação do ozônio alterou as propriedades do produto além de deixar odor residual do ozônio no mesmo inviabilizando a aplicação, pois se trata de um odor indesejável, resultando em uma alteração considerável quando avaliada a farinha de trigo sensorialmente.

O ozônio teve uma maior eficácia quando avaliada a micotoxina desoxinivalenol nas amostras obtidas pela moagem do grão de trigo. As análises microbiológicas mostram uma boa eficiência do ozônio para a redução de carga microbiana, porém a amostra de farinha de trigo obtida do trigo umidificado com água e dióxido de cloro apresentou uma maior redução. Ambas análises, quando avaliadas na aplicação do ozônio nas farinhas de trigo especial e integral, apresentam inversão nos resultados, não sendo possível afirmar que o gás foi eficaz.

Pelo estudo realizado e nas condições em que os testes ocorreram, não é possível concluir que o ozônio se aplica nestes processos com um ponto positivo. Além disso, como se trata de uma nova tecnologia, mais estudos precisam ser realizados antes de passar para uma escala maior de utilização.



## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Indica-se como trabalhos futuros, visto a pouca informação disponível para esta aplicação do ozônio, outros aspectos e condições a serem aprimorados no teste da aplicação de ozônio na etapa de umidificação do grão, podendo ser:

- a) realizar os testes utilizando diferentes tipos de trigo;
- b) aumentar a amostragem das amostras, principalmente nas análises de desoxinivalenol;
- c) estudar a cinética com objetivo de entender melhor a relação de concentração e tempo de exposição necessário;
- d) realizar um estudo com a micotoxina desoxinivalenol em trigo contaminado em laboratório;
- e) realizar estudo a longo prazo a fim de avaliar a possível ocorrência de uma nova contaminação.

O trabalho desenvolvido em escala laboratorial oportunizou a avaliação de uma nova aplicação do ozônio, abrindo portas para novos estudos que levem a aplicação da tecnologia em escala industrial.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A. P. S. *et al.* Efeito do processo de ozonização na degradação de desoxinivalenol e na qualidade da farinha de trigo integral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ALIMENTOS DA CIGR- SEÇÃO IV, 10., 2016, Gramado. **Anais** [...]. Gramado: SBCTA Regional, RS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/890.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.
- ANTUNES, P. I. da C. **Aplicação do método da capacidade de retenção de solventes na determinação da qualidade de farinhas panificáveis**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) - Universidade Nova de Lisboa. Caparica, 2014.
- AQ INSTRUMENTS. **Colorímetro CR-410**. 2020. Disponível em: <https://www.aquatecnica.com/product/colorimetro-konica-minolta-cr-410/>. Acesso em: 21 mai. 2020
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. **Conhecimento**. 2020. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento/>. Acesso em: 01 mai. 2020
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. **Estatísticas**. 2020. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/categoria-estatisticas/farinha-de-trigo/>. Acesso em: 26 ago. 2020
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 7932: 2016**: Microbiologia de alimentos para consumo humano e animal. Rio de Janeiro. 2016.
- BAIA, G. M. **Avaliação de diferentes sanitizantes em tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2019.
- BERGHOFER, L. K. *et al.* Microbiology of wheat and flour milling in Australia. **International Journal of Food Microbiology**, [S.l.], v. 85, n.1-2, p. 137-149, Aug. 2003.
- BORTOLOTTO, G. D. S. **Estratégias de controle e descontaminação do trigo em grãos com relação a fungos, micotoxinas e agrotóxicos utilizando compostos químicos e ozônio gasoso**. 2014. 323 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.
- BRAR, P. K.; DANYLUK, M.D. Nuts and grains: microbiology and preharvest contamination risks. **Microbiology Spectrum American Society for Microbiology Press**, [S.l.], v.6, n.2, Apr. 2018.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário oficial da união, 10 jan. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada nº 331, de 23 de dezembro de 2019**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário oficial da união, 26 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Instrução normativa nº 8, de 02 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário oficial da república federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 jun. 2005.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Instrução normativa nº 38, de 01 de dezembro de 2010**. Regulamento técnico do trigo. Diário oficial da república federativa do Brasil, Brasília, DF, 01 dez. 2010.

BRASIL. Ministério da saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário oficial da união, 26 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada nº 138, de 08 de fevereiro de 2017**. Regulamento técnico sobre limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos. Diário oficial da união, 9 fev. 2017.

CARVALHO, I. T. de. **Microbiologia dos alimentos**. EDUFRPE, 2010. 86p.

COSTA, M. *et al.* Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 1, p. 220-225. jan./mar. 2008.

CUNHA, G. R. da.; PIRES, J. L. F.; DALMAG, G. A.; CAIERÃO, E.; PASINATO, A.; **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: IN-MET, 2009. Cap. 2, p. 279-294.

DHILLON, B. *et al.* Development and evaluation of an ozonated water system for antimicrobial treatment of durum wheat. **Journal of Food Science**, [S.l.], v. 74, p.E396-E403, Sept. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Multimídia: banco de imagens**. 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/607002/trigo-brs-guamirim>. Acesso em: 28 abr. 2020

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Multimídia: banco de imagens**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/966003/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 01 mai. 2020

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Multimídia: banco de imagens**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2975001/trigo-brs-marcante>. Acesso em: 01 mai. 2020

FERREIRA, W. F. de S. **Eficácia da água ozonizada no controle de microrganismos em morango e efeito na qualidade físico-química durante o armazenamento.** 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos.** 2.ed. Artmed Editora, 2013.

GERMANI, R. **Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa agroindústrias de alimentos: 2008. Apostila de curso.

GOUVEIA, N. Desoxinivalenol, micotoxina mais conhecida como DON. **Food Safety Brazil**, 24.out. 2013. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/desoxinivalenol-micotoxina-mais-conhecida-como-don/>. Acesso em: 25 ago. 2020

GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIM, A.C. Use of ozone in the food industry. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, [S.l.],v.37, n.4, p.453-460, Jun. 2004.

JACQUES, A. C. *et al.* Utilização de ozônio como sanitizante de frutas: efeito sob as antocianinas totais da amora-preta. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA – COBEQ. 20., 2015, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Blucher, 2015. p. 4276-4282.

JUNGES, A. H. **Distribuição espacial e temporal do cultivo de trigo no Rio Grande do Sul e ajuste de modelo agrometeorológico-espectral para estimativa e rendimento de grãos.** 2011. 190 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

LACA, A. *et al.* Distribution of microbial contamination within cereal grains. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 72, n.4, p. 332-338, Feb. 2006.

LANITA, C. S.; SILVA, S., B. Uso de ozônio em câmara industrial para controle de bolores e leveduras durante a maturação do queijo tipo parmesão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 11, n.3, p. 182-189, 2008.

LATIMER JR, G. W., **Official methods of analysis:** of AOAC international, 21 ed. Pharmabooks Importados, AOAC, 2019, 3000 p.

LOPES, E.A.; FRANCO, B.D.G.M. Influence of the control of the grains wetting step on the microbiological quality of wheat flour. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p.209-218, abr./jun. 2006.

MANDARINO, J. M. C. **Componentes do trigo:** características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Embrapa, 1994.

MÄTTSOLUTIONS. **Glutomático.** 2020. Disponível em: <https://www.ffi.nz/product/glutomatic/>. Acesso em: 12 mai. 2020

M&GT ELETRO ELETRÔNICOS. **Geradores ozônio para água**. 2020. Disponível em: [https://www.megt.com.br/br/produtos/26/GERADORES\\_OZONIO\\_PARA\\_AGUA](https://www.megt.com.br/br/produtos/26/GERADORES_OZONIO_PARA_AGUA). Acesso em: 08 out. 2020

MÓDENES, A. N.; SILVA, A. M. da; TRIGUEROS, D.E.G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 508-512, set. 2009.

MY OZONE. **Como o ozônio age em microrganismos**. 2020. Disponível em: <https://myozone.com.br/como-o-ozonio-age-em-microrganismos/>. Acesso em: 29 set. 2020

NAITO, S.; TAKAHARA, H. Ozone contribution in food industry in Japan. **Ozone: Science & Engineering**, [S.l.], v. 28, n.6, p.425-429, Dec. 2007.

OLIVEIRA NETO, A. A. de (org.); MELLO ROMERO SANTOS, C. (org.); **A cultura do trigo**. Brasília, Conab, 2017. 218p.

PAES, J. L. **Ozonização da farinha de trigo: cinética de reação e efeito nas características tecnológicas**. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2011.

PAUL, J. S. **Comparative effects of two ozonation treatments on wheat flour technological properties**. 2007. Tese de doutorado. Kansas State University. Universidade Federal de Viçosa. Manhattan, 2007.

PERTEN. **FN 1500**. 2020. Disponível em: <https://www.perten.com/Products/Falling-Number/Models-and-Accessories/FN-1500/>. Acesso em: 12 mai. 2020

PFUNTNER, A.; REHS, M.A. Sanitizers and disinfectants: the chemicals of prevention. **Food Safety Magazine**, Aug./Sept. 2011. Disponível em: <https://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/augustseptember-2011/sanitizers-and-disinfectants-the-chemicals-of-prevention/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

PILAU, F. G.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; SOUZA, V. Q. de; MANFRON, P. A.; **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: IN-MET, 2009. Cap. 2, p. 295-309.

PRATAS, M. J. de C. **Dióxido de cloro como biocida**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) - Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz. Portugal, 2014.

RIBEIRO, M. N. **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. 49 f. Dissertação (Mestrado Ciência e tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

RODRIGUES, O. Fatores limitantes para produção de trigo: bases fisiológicas. *In*: SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 4., 2003, Guarapuava. **Anais [...]**. Guarapuava, 2003. p. 50-63.

ROSSI, R.M.; NEVES, M.F. **Estratégias para o trigo no Brasil**. Editora Atlas, 2004.

SANTOS, C. M. dos (org.) *et al.* **Métodos analíticos aplicados pela Granotec/Granolab ao trigo e à farinha de trigo**. 1. Ed. Curitiba, 2015.

SCHEUER, P. M. *et al.* Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 211-222, jun. 2011.

SILVA, S. B. da *et al.* Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, abr./jun. 2011.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Moagem de trigo em expansão no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/moagem-de-trigo-em-expansao-no-pais/>. Acesso em: 28 abr. 2020

WANG, L. *et al.* Effect of ozone treatment on deoxynivalenol and wheat quality. **Plos One**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 1-13, Jan. 2016.